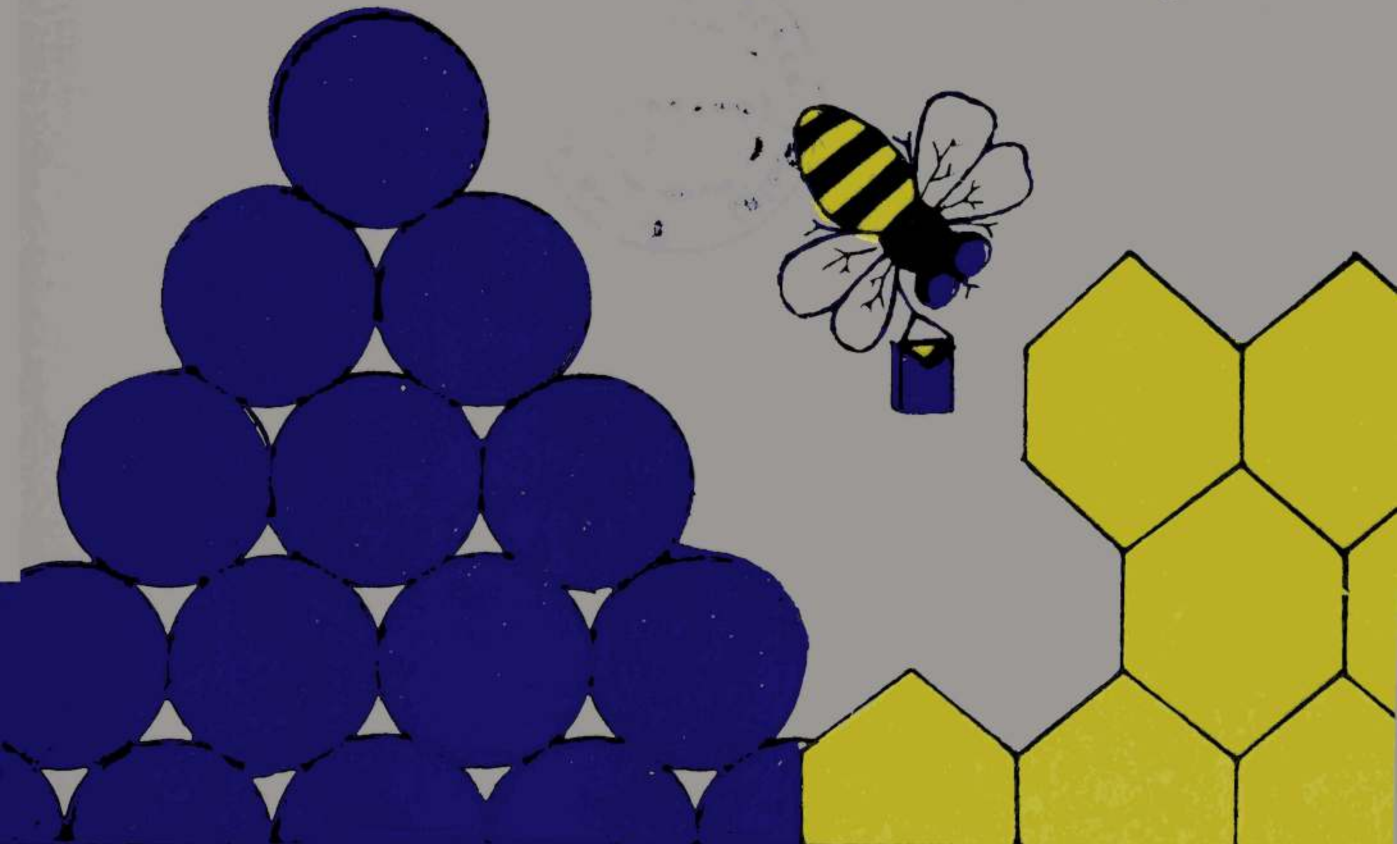
ಪುಸ್ತಕ 2 ಜನಪ್ರಿಯ ಭೌತಶಾಸ್ತ್ರ

ಎಲ್. ಡಿ. ಲಂಡೌ ಎ. ಐ. ಕಿತ್ತೈಗೊರೋದ್ಸ್ಕಿ



# ಅಣುಗಳು

ಜನಪ್ರಿಯ ಭೌತಶಾಸ್ತ್ರ
ಪುಸ್ತಕ 2

# ಅಣುಗಳು

# ಎಲ್. ಡಿ. ಲಂಡೌ
# ಎ. ಐ. ಕಿತ್ತೈಗೊರೋದ್‌ಸ್ಕಿ

# ಅಣುಗಳು

ಅನುವಾದ: ವಿ. ಆರ್. ತಿರುವೆಂಕಟಾಚಾರ್

ಮಿರ್ ಮಾಸ್ಕೋ
ಪ್ರಕಾಶನ

ನವಕರ್ನಾಟಕ ಪಬ್ಲಿಕೇಷನ್ಸ್ ಪ್ರೈವೆಟ್ ಲಿಮಿಟೆಡ್
ಬೆಂಗಳೂರು

Физика для всех
Книга 2

Л.Д. Ландау, А.И. Китайгородский
Молекулы
Издательство "Наука"

L.D. Landau, A.I. Kitaigorodski
PHYSICS FOR EVERYONE
BOOK 2
MOLECULES

На языке каннада

# ನಾಲ್ಕನೆಯ ರಷ್ಯನ್ ಮುದ್ರಣಕ್ಕೆ ಮುನ್ನುಡಿ

ಈ ಪುಸ್ತಕಕ್ಕೆ **ಅಣುಗಳು** ಎಂದು ಹೆಸರಿಡಲಾಗಿದೆ. ಲೆವ್ ಲ್ಯಾಂಡೌ ಮತ್ತು ಅಲೆಕ್ಸಾಂಡರ್ ಕಿತ್ಯೆಗೊರೋದ್‌ಸ್ಕಿ ಇವರ **"ಜನ ಪ್ರಿಯ ಭೌತಶಾಸ್ತ್ರ"** ಎಂಬ ಮುಂಚಿನ ಒಂದು ಪುಸ್ತಕದ ಎರಡನೆಯ ಭಾಗದ ಅನೇಕ ಅಧ್ಯಾಯಗಳನ್ನು ಏನೂ ತಿದ್ದುಪಡಿ ಇಲ್ಲದೆ ಇದರಲ್ಲಿ ಸೇರಿಸಲಾಗಿದೆ.

ಮುಖ್ಯವಾಗಿ ಬೇರೆ ಬೇರೆ ದೃಷ್ಟಿಗಳಿಂದ ದ್ರವ್ಯದ ರಚನೆಯ ಪರಿಶೀಲನೆಗೆ ಈ ಪುಸ್ತಕವನ್ನು ಮೀಸಲಿಡಲಾಗಿದೆ. ಪ್ರಕೃತ ಸಂದರ್ಭ ದಲ್ಲಿ ಪರಮಾಣುವು ಪ್ರಾಚೀನ ಗ್ರೀಸ್ ದೇಶದ ಡೆಮಾಕ್ರಿಟಸ್‌ನ ಕಲ್ಪನೆಯಾದ ಅವಿಭಾಜ್ಯ ಕಣವಾಗಿಯೇ ಉಳಿದಿರುವುದು. ಅಣುಗಳ ಚಲನೆಗೆ ಸಂಬಂಧಿಸಿದ ಸಮಸ್ಯೆಗಳನ್ನು ಇಲ್ಲಿ ಪರಿಶೀಲಿಸಲಾಗಿದೆ. ಏಕೆಂದರೆ ಅವು ತಾಪೀಯ ಚಲನೆಯ ವಿಚಾರವಾಗಿ ನಮ್ಮ ಆಧುನಿಕ ತಿಳಿವಳಿಕೆಗೆ ಆಧಾರವಾಗಿರುವುವು. ಅವಸ್ಥಾ ಪರಿವರ್ತನೆಗಳಿಗೆ ಸಂಬಂಧಿಸಿದ ಸಮಸ್ಯೆಗಳಿಗೂ ಗಮನ ಕೊಡಲಾಗಿದೆ.

**"ಜನಪ್ರಿಯ ಭೌತಶಾಸ್ತ್ರ"**ದ ಹಿಂದಿನ ಮುದ್ರಣವು ಪ್ರಕಟ ವಾದಾಗಿನಿಂದ ಈಚಿನ ವರ್ಷಗಳಲ್ಲಿ ಅಣುಗಳ ಸಂರಚನೆ ಮತ್ತು ಅವುಗಳ ಪರಸ್ಪರ ಕ್ರಿಯೆಯ ವಿಚಾರವಾಗಿ ನಮ್ಮ ತಿಳಿವಳಿಕೆಯು ಬಹು ಮಟ್ಟಿಗೆ ಹೆಚ್ಚಿದೆ. ಪದಾರ್ಥಗಳ ಅಣವಿಕ ಸಂರಚನೆಯ ಸಂಬಂಧದ ಸಮಸ್ಯೆಗಳಿಗೂ ಮತ್ತು ಅವುಗಳ ಗುಣಗಳಿಗೆ ಸಂಬಂಧಿಸಿದ ಸಮಸ್ಯೆ

ಗಳಿಗೂ ಇರುವ ಅಂತರಗಳನ್ನು ತುಂಬಿ ಮುಚ್ಚುವ ಅನೇಕ ವಿಷಯ ಗಳನ್ನು ಕಂಡು ಹಿಡಿಯಲಾಗಿದೆ. ಇದು ಗಣನೀಯ ಪ್ರಮಾಣದಲ್ಲಿ ಹೊಸ ವಿಷಯವನ್ನು ಸೇರಿಸಲು ನನ್ನನ್ನು ಪ್ರೇರಿಸಿದೆ.

ನನ್ನ ಅಭಿಪ್ರಾಯದಲ್ಲಿ, ಬಹಳ ಹಿಂದೆಯೇ ಏರ್ಪಡಬೇಕಾಗಿದ್ದ ಸುಧಾರಣೆ ಏನೆಂದರೆ ರೂಢಿಯಲ್ಲಿರುವ ಪಠ್ಯಪುಸ್ತಕಗಳಲ್ಲಿ, ಆಮ್ಲ ಜನಕ, ಸಾರಜನಕ ಮತ್ತು ಕಾರ್ಬನ್ ಡೈಯಾಕ್ಸೈಡ್ ಇವುಗಳ ಅಣು ಗಳಿಗಿಂತ ಹೆಚ್ಚು ಸಂಕೀರ್ಣವಾಗಿರುವ ಅಣುಗಳ ವಿಚಾರವಾಗಿ ಸಾಮಾನ್ಯ ತಿಳಿವಳಿಕೆಯನ್ನು ಸೇರಿಸಬೇಕಾದುದು. ಇಂದಿನವರೆಗೂ ಭೌತಶಾಸ್ತ್ರದ ಬಹುಶಃ ಎಲ್ಲಾ ಪಾಠಕ್ರಮಗಳೂ ಹೆಚ್ಚು ಸಂಕೀರ್ಣ ವಾಗಿರುವ ಪರಮಾಣುಗಳ ಸಂಯೋಜನೆಯನ್ನು ವಿವರಿಸುವುದರ ಅವಶ್ಯಕತೆಯನ್ನು ಗಮನಿಸಲಿಲ್ಲ. ಆದರೆ ನಮ್ಮ ದಿನವಹಿ ಜೀವನದಲ್ಲಿ ದೈತ್ಯ ಅಣುಗಳು ಸಂಯೋಗ ತಯಾರಿಕೆಯ ಪದಾರ್ಥಗಳ ವ್ಯಾಪಕ ವೈವಿಧ್ಯತೆಯ ರೂಪದಲ್ಲಿ ಸರ್ವಸಾಮಾನ್ಯವಾಗಿವೆ. ಪ್ರೋಟೀನ್ ಅಣುಗಳ ಮತ್ತು ನ್ಯೂಕ್ಲಿಯಿಕ್ ಆಮ್ಲಗಳ ಪರಿಭಾಷೆಯ ಬಳಕೆ ಯಿಂದ ಜೀವಂತ ದ್ರವ್ಯದ ವಿದ್ಯಮಾನಗಳಿಗೆ ವಿವರಣೆ ಕೊಡುವುದ ಕ್ಕಾಗಿ ಆಣವಿಕ ಜೀವವಿಜ್ಞಾನ ಎಂಬ ಹೊಸ ವಿಜ್ಞಾನ ವಿಭಾಗವನ್ನು ಸ್ಥಾಪಿಸಲಾಗಿದೆ.

ಇದೇ ರೀತಿಯಲ್ಲಿ ರೂಢಿಯಾಗಿ ಅನ್ಯಾಯವಾಗಿ ಉಪೇಕ್ಷಿಸ ಲ್ಪಟ್ಟಿರುವ ವಿಷಯವೇನೆಂದರೆ ರಾಸಾಯನಿಕ ಕ್ರಿಯೆಗಳಿಗೆ ಸಂಬಂಧಿಸಿದ ಸಮಸ್ಯೆಗಳು. ಇಂತಹ ಕ್ರಿಯೆಗಳು ಅಣುಗಳು ಹೊಸ ರೀತಿಯಲ್ಲಿ ವ್ಯವಸ್ಥೆಗೊಳ್ಳುವುದರೊಡನೆ ಉಂಟಾಗುವ ಅಣುಗಳ ಘರ್ಷಣೆಗಳ ಭೌತಿಕ ಕಾರ್ಯತಂತ್ರಕ್ಕೆ ಸೇರಿದವು. ಅಣುಗಳ ವರ್ತನೆಯ ಪರಿಚಯ ವನ್ನು ಈಗಾಗಲೇ ಹೊಂದಿರುವ ವಿದ್ಯಾರ್ಥಿ ಅಥವಾ ವಾಚಕನಿಗೆ ಅವುಗಳನ್ನು ಹೋಲುವ ಪರಮಾಣು ಬೀಜಗಳ ಪ್ರಕ್ರಿಯೆಗಳನ್ನು ವಿವರಿಸುವುದು ಬಹುಮಟ್ಟಿಗೆ ಸುಲಭವಾಗುವುದು.

ಪುಸ್ತಕವನ್ನು ಪರಿಷ್ಕರಿಸುವಾಗ, ಹಿಂದಿನ "**ಜನಪ್ರಿಯ ಭೌತ ಶಾಸ್ತ್ರ**"ದ ಕೆಲವು ಭಾಗಗಳನ್ನು ಈ ಮಾಲೆಯ ಮುಂದೆ ಬರುವ ಪುಸ್ತಕಗಳಿಗೆ ವರ್ಗಾಯಿಸುವುದು ಸೂಕ್ತವೆಂದು ತೋರಿಬಂದಿತು. ಉದಾಹರಣೆಗೆ, ಆಣವಿಕ ಚಲನಶಾಸ್ತ್ರದ ಮೇಲಿನ ಅಧ್ಯಾಯದಲ್ಲಿ **ಧ್ವನಿಯ** ಬಗ್ಗೆ ಸಂಕ್ಷಿಪ್ತವಾಗಿಯೇ ಪ್ರಸ್ತಾಪಿಸುವುದು ಸೂಕ್ತವೆಂದು ಪರಿಗಣಿಸಲಾಯ್ತು.

ಹೀಗೆಯೇ ತರಂಗ ಚಲನೆಯ ವೈಲಕ್ಷಣ್ಯಗಳ ಚರ್ಚೆಯನ್ನು ವಿದ್ಯುತ್ಕಾಂತೀಯ ವಿದ್ಯಮಾನಗಳ ನಿರೂಪಣೆ ಮಾಡುವಾಗ ಸೇರಿಸು ವುದು ಯುಕ್ತವೆಂದು ತೋರಿಬಂದಿತು.

ಒಟ್ಟಿನಲ್ಲಿ, "**ಜನಪ್ರಿಯ ಭೌತಶಾಸ್ತ್ರ**"ದ ಹೊಸ ಮುದ್ರಣದ ನಾಲ್ಕು ಪುಸ್ತಕಗಳು (**ಭೌತಿಕ ಕಾಯಗಳು, ಅಣುಗಳು, ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್‌ಗಳು** ಮತ್ತು **ಫೋಟಾನ್‌ಗಳೂ ಮತ್ತು ಪರಮಾಣು ಬೀಜಗಳೂ**) ಭೌತಶಾಸ್ತ್ರದ ಮೂಲಭೂತ ವಿಷಯಗಳನ್ನು ಒಳ ಗೊಂಡಿವೆ.

ಏಪ್ರಿಲ್ 1978 ಎ. ಐ. ಕಿಟೈಗೊರೋದ್‌ಸ್ಕಿ

# ವಿಷಯ ಸೂಚಿಕೆ

## ವಿಶ್ವದ ರಚನಾ ಪ್ರಸ್ತರಗಳು



## ದ್ರವ್ಯದ ಸಂರಚನೆ



## ಉಷ್ಣಾಂಶ

# 1. ವಿಶ್ವದ ರಚನಾ ಪ್ರಸ್ತರಗಳು

## ಧಾತುಗಳು

ನಮ್ಮ ಸುತ್ತಲೂ ಇರುವ ಪ್ರಪಂಚವು ಯಾವ ವಸ್ತುವಿನಿಂದ ರಚಿಸಲ್ಪಟ್ಟಿದೆ ? ಈ ಪ್ರಶ್ನೆಗೆ ನಮಗೆ ಲಭಿಸಿರುವ ಮೊಟ್ಟಮೊದಲಿನ ಉತ್ತರವು 25 ಶತಮಾನಗಳಿಗಿಂತ ಹಿಂದೆ ಪುರಾತನ ಗ್ರೀಸ್ ದೇಶದಲ್ಲಿ ಅಂಕುರಿಸಿತು.

ಮೊದಲ ನೋಟಕ್ಕೆ ಈ ಉತ್ತರಗಳು ಎಷ್ಟು ವಿಚಿತ್ರವಾಗಿ ತೋರುವುವೆಂದರೆ, ಆ ಪ್ರಾಚೀನ ಕಾಲದ ಪ್ರಾಜ್ಞರ ವಾದಸರಣಿಯನ್ನು ಓದುಗರಿಗೆ ವಿವರಿಸಲು ಬಹಳ ಹೆಚ್ಚು ಕಾಗದವನ್ನು ವ್ಯರ್ಥಮಾಡಬೇಕಾಗುವುದು–ಥೇಲ್ಸ್ ಎಂಬಾತನು ಎಲ್ಲಾ ವಸ್ತುಗಳೂ ನೀರಿನಿಂದ ರಚಿಸಲ್ಪಟ್ಟಿದೆಯೆಂದೂ, ಅನಾಕ್ಸಿಮಾಂಡರ್ ಎಂಬಾತನು ವಿಶ್ವವು ವಾಯುವಿನಿಂದ ರಚಿತವೆಂದೂ, ಹೆರಾಕ್ಲಿಟಸ್ ಎಂಬುವನು ಎಲ್ಲವೂ ಅಗ್ನಿಯಿಂದ ರಚಿತವೆಂದೂ ಹೇಳಿರುತ್ತಾರೆ.

ಇಂತಹ ವಿವರಣೆಗಳ ಅಸಂಬದ್ಧತೆಯ ಕಾರಣದಿಂದಾಗಿ ಅಲ್ಲಿಂದೀಚಿನ ಗ್ರೀಕ್ "ಜ್ಞಾನ ಪ್ರೇಮಿಗಳು" (philosopher ಎಂಬ ಆಂಗ್ಲ ಪದದ ಭಾಷಾಂತರವೇ ಇದು) ಮೂಲಭೂತ ತತ್ವಗಳು, ಅಥವಾ ಪ್ರಾಚೀನ ಕಾಲದಲ್ಲಿನ ಹೆಸರಾದ "ಧಾತುಗಳ" ಸಂಖ್ಯೆಯನ್ನು ಹೆಚ್ಚಿಸಬೇಕಾಗಿ ಬಂದಿತು. ಎಂಪಿಡೋಕ್ಲಿಸ್ ಎಂಬಾತನು ನಾಲ್ಕು ಮೂಲಭೂತ ಧಾತುಗಳೆಂದು ಪ್ರತಿಪಾದಿಸಿದನು : ಭೂಮಿ, ನೀರು, ವಾಯು ಮತ್ತು ಅಗ್ನಿ. ಈ ಅನ್ವೇಷಣೆಗೆ (ಬಹಳ ಕಾಲದವರೆಗೂ ಸ್ಥಾಯಿಯಾಗಿದ್ದ) ಕೊನೆಯ ತಿದ್ದುಪಡಿಯನ್ನು ಅರಿಸ್ಟಾಟಲನು ಅಳವಡಿಸಿದನು.

ಅರಿಸ್ಟಾಟಲನ ಪ್ರಕಾರ ಎಲ್ಲಾ ಕಾಯಗಳೂ ಒಂದೇ ದ್ರವ್ಯದಿಂದ ರಚಿತ

ವಾಗಿವೆ, ಆದರೆ ಈ ದ್ರವ್ಯವು ಬೇರೆ ಬೇರೆ ಗುಣಗಳನ್ನು ಹೊಂದಬಹುದು. ಅಮೂರ್ತ ಅಥವಾ ಅದ್ರವ್ಯ ಧಾತುಗಳು ನಾಲ್ಕು : ಶೀತ, ಉಷ್ಣ, ಆರ್ದ್ರ ಮತ್ತು ಒಣ. ಇವುಗಳು ಜೋಡಿ ಜೋಡಿಯಾಗಿ ಸೇರಿ ದ್ರವ್ಯವನ್ನು ಕೂಡಿದರೆ, ಅರಿಸ್ಟಾಟಲನ ಧಾತುಗಳು ಎಂಪಿಡೋಕ್ಲಿಸ್‌ನ ಧಾತುಗಳಾಗುತ್ತವೆ. ಅಂದರೆ. ಒಣ ಮತ್ತು ಶೀತ ದ್ರವ್ಯವು ಭೂಮಿಯನ್ನು ಕೊಡುತ್ತದೆ; ಒಣ ಮತ್ತು ಉಷ್ಣ, ಅಗ್ನಿ; ಆರ್ದ್ರ ಮತ್ತು ಶೀತ, ನೀರು; ಮತ್ತು ಕೊನೆಯದಾಗಿ ಆರ್ದ್ರ ಮತ್ತು ಉಷ್ಣ, ವಾಯು.

ಆದಾಗ್ಯೂ, ಅನೇಕ ಪ್ರಶ್ನೆಗಳಿಗೆ ಉತ್ತರಗಳನ್ನು ಕೊಡುವುದರಲ್ಲಿ ಉಂಟಾಗುವ ತೊಡಕುಗಳಿಂದಾಗಿ, ಪ್ರಾಚೀನ ತತ್ವಶಾಸ್ತ್ರಜ್ಞರು ಈ ನಾಲ್ಕು ಧಾತುಗಳಿಗೆ ಒಂದು "ದೈವಿಕ ದ್ರವ್ಯ"ವನ್ನು ಸೇರಿಸಿದರು. ಇದು ಒಂದು ವಿಧವಾದ ದೈವೀ ಶಕ್ತಿ. ಬೇರೆ ಬೇರೆ ಧಾತುಗಳನ್ನು ಒಂದುಗೂಡಿಸಿ ಪಚನ ಮಾಡುವುದು. ದೇವರನ್ನು ಉಲ್ಲೇಖಿಸಿ ಎಂತಹ ಕ್ಲಿಷ್ಟ ಸಮಸ್ಯೆಯನ್ನೂ ವಿವರಿಸಿ ಬದಿಗಿರಿಸುವುದು ಕಷ್ಟವೇನೂ ಅಲ್ಲ.

ಆದರೆ ಬಹಳ ಕಾಲದವರೆಗೂ – 18ನೆಯ ಶತಮಾನದವರೆಗೂ – ಯಾರಿಗೂ ಈ ವಿಷಯದಲ್ಲಿ ಭ್ರಮೆಪಡುವ ಇಲ್ಲವೇ ಪ್ರಶ್ನಿಸುವ ಧೈರ್ಯ ಬರಲಿಲ್ಲ. ಅರಿಸ್ಟಾಟಲನ ಬೋಧನೆಗಳನ್ನು ಕ್ರೈಸ್ತ ಮಂಡಲಿಯು ಅನುಮೋದಿಸಿತು ಮತ್ತು ಅವುಗಳ ಸಪ್ರಮಾಣತೆಯಲ್ಲಿ ಸಂಶಯಪಡುವುದು ಧರ್ಮ ವಿರೋಧವಾಗಿದ್ದಿತು.

ಹೇಗಾದರೂ, ಈ ಸಂಶಯಗಳು ಹುಟ್ಟಿಯೇ ಹುಟ್ಟಿದವು. ಇವುಗಳು ರಸತಂತ್ರ ವಿದ್ಯೆಯಿಂದ ಉಂಟಾದವು.

ಬಹಳ ಹಿಂದಿನ ಕಾಲದಲ್ಲಿ – ಪ್ರಾಚೀನ ಕೈಬರಹದ ಪುಸ್ತಕಗಳನ್ನು ಓದುವುದರಿಂದ ಅದರ ಅಂತರಾರ್ಥವನ್ನು ಕಾಣಬಹುದು – ನಮ್ಮ ಸುತ್ತಲೂ ಇರುವ ಎಲ್ಲಾ ವಸ್ತುಗಳನ್ನೂ ಬೇರೆಯ ರೂಪಕ್ಕೆ ಮಾರ್ಪಡಿಸಬಹುದು ಎಂಬ ಊಹೆಯು ಜನಗಳಿಗೆ ತಿಳಿದಿತ್ತು. ದಹನ, ಸುಗ್ಗ್ಯಗಳು ಮಾಡುವುದು, ಲೋಹಗಳನ್ನು ಕಾಯಿಸಿ ಕರಗಿಸುವುದು – ಈ ಎಲ್ಲಾ ವಿದ್ಯಮಾನಗಳೂ ಚೆನ್ನಾಗಿ ಪರಿಚಿತವಾಗಿದ್ದುವು.

ಇದು ಅರಿಸ್ಟಾಟಲನ ಉಪದೇಶಗಳಿಗೆ ವಿರುದ್ಧವಾಗಿಲ್ಲವೆಂದು ಭಾವಿಸ

ಲಾಗಿತ್ತು. ಧಾತುಗಳ "ನಿಯಮಿತ ಪರಿಮಾಣಗಳು" ರೂಪಾಂತರಗಳಲ್ಲಿ ಬದಲಾಗುವುವು. ವಿಶ್ವವೆಲ್ಲಾ ನಾಲ್ಕೇ ಧಾತುಗಳನ್ನು ಒಳಗೊಂಡಿದ್ದರೆ, ಕಾಯಗಳ ರೂಪಾಂತರಗಳ ಸಂಭವಗಳು ಬಹಳ ಹೆಚ್ಚಾಗಿರಬೇಕು. ಯಾವುದೇ ವಸ್ತುವನ್ನು ಮತ್ತೊಂದಕ್ಕೆ ಮಾರ್ಪಡಿಸಲು ಏನು ಮಾಡಬೇಕೆಂಬ ಗುಟ್ಟನ್ನು ಕಂಡುಹಿಡಿಯಬೇಕು–ಅಷ್ಟೇ.

ಚಿನ್ನವನ್ನು ಮಾಡುವುದಾಗಲಿ, ಅಥವಾ ಐಶ್ವರ್ಯ, ಅಧಿಕಾರ ಮತ್ತು ಶಾಶ್ವತವಾದ ಯೌವನ ಇವುಗಳನ್ನು ನೀಡುವ ಒಂದು ವಿಶೇಷ ಜಾತಿಯ "ಸ್ಪರ್ಶಮಣಿ"ಯನ್ನು ಕಂಡುಹಿಡಿಯುವುದಾಗಲಿ ಎಷ್ಟೊಂದು ಪ್ರಲೋಭನಕಾರಿಯಾದುದು. ಚಿನ್ನವನ್ನು ಮತ್ತು "ಸ್ಪರ್ಶ ಮಣಿ"ಯನ್ನು ತಯಾರು ಮಾಡುವುದು, ಅದಾಗಿ ಯಾವುದೇ ವಸ್ತುವನ್ನು ಮತ್ತೊಂದಾಗಿ ಮಾರ್ಪಡಿಸುವುದು– ಈ ವಿದ್ಯೆಗೆ ಪುರಾತನ ಅರಬ್ ಜನರು "ರಸತಂತ್ರ ವಿದ್ಯೆ" ಎಂದು ಹೆಸರಿಟ್ಟರು.

ಈ ಸಮಸ್ಯೆಯ ಪರಿಹಾರಕ್ಕಾಗಿ ಜನರ ಪರಿಶ್ರಮವು ಅನೇಕ ಶತಮಾನಗಳ ಪರ್ಯಂತ ಮುಂದುವರಿಯಿತು. ರಸತಂತ್ರ ವಿದ್ಯಾವಿಜ್ಞಾನಿಗಳು ಚಿನ್ನವನ್ನು ತಯಾರಿಸುವ ವಿಧಾನವನ್ನು ಕಲಿಯಲಿಲ್ಲ. ಸ್ಪರ್ಶಮಣಿಯೊಂದನ್ನು ಕಂಡುಹಿಡಿಯಲಿಲ್ಲ, ಆದರೆ ಈ ಪರಿಶ್ರಮಗಳ ಫಲವಾಗಿ ವಸ್ತುಗಳ ರೂಪಾಂತರ ವಿಚಾರದಲ್ಲಿ ಅನೇಕ ಅಮೂಲ್ಯ ವಿಷಯಗಳನ್ನು ಸಂಗ್ರಹಿಸಿದರು. ಒಟ್ಟಿನಲ್ಲಿ ಈ ವಿಷಯಗಳು ರಸತಂತ್ರ ವಿದ್ಯೆಗೆ ಮರಣ ಶಿಕ್ಷೆಯ ತೀರ್ಪಾಗಿ ಪರಿಣಮಿಸಿದವು. 17ನೆಯ ಶತಮಾನದಲ್ಲಿ ಮೂಲಭೂತ ವಸ್ತುಗಳು – ಅಂದರೆ ಧಾತುಗಳು – ನಾಲ್ಕಕ್ಕಿಂತ ಬಹಳ ಅಧಿಕ ಸಂಖ್ಯೆಯುಳ್ಳದ್ದಿರಬೇಕೆಂದು ಬಹಳ ಜನಗಳಿಗೆ ಮನದಟ್ಟಾಗಿತ್ತು. ಪಾದರಸ, ಸೀಸ, ಗಂಧಕ, ಚಿನ್ನ ಮತ್ತು ಆಂಟಿಮೊನಿ ಇವುಗಳು ವಿಭಜಿಸಲಾಗದ ವಸ್ತುಗಳೆಂದು ಸ್ಪಷ್ಟವಾಯಿತು: ಈ ಪದಾರ್ಥಗಳು ಮೂಲ ಧಾತುಗಳಿಂದ ಮಾಡಲ್ಪಟ್ಟಿವೆಯೆಂದು ಹೇಳುವುದು ಅಸಾಧ್ಯವಾಯಿತು. ಇದಕ್ಕೆ ವಿರುದ್ಧವಾಗಿ ಇವುಗಳನ್ನು ಪ್ರಪಂಚದ ಮೂಲಧಾತುಗಳ ಗುಂಪಿನಲ್ಲಿ ಸೇರಿಸಬೇಕಾಯಿತು.

1661ರಲ್ಲಿ, ಇಂಗ್ಲೆಂಡಿನಲ್ಲಿ ರಾಬರ್ಟ್ ಬಾಯಿಲ್ (1627–91) ಎಂಬ ವಿಜ್ಞಾನಿಯು "ದಿ ಸ್ಕೆಪ್ಟಿಕಲ್ ಕೆಮಿಸ್ಟ್" ಎಂಬ ಪುಸ್ತಕವನ್ನು ಪ್ರಕಟಿಸಿದನು.

ಇದರಲ್ಲಿ ಧಾತು ಎಂಬುದರ ಬಗ್ಗೆ ಸಂಪೂರ್ಣವಾಗಿ ಹೊಸದಾದ ನಿರ್ದೇಶವನ್ನು ಕಾಣುತ್ತೇವೆ. ಇದು ರಸತಂತ್ರ ವಿದ್ಯಾ ವಿಜ್ಞಾನಿಗಳ ಹಿಡಿತಕ್ಕೆ ಸಿಕ್ಕದ, ರಹಸ್ಯ ಪ್ರಕೃತಿಯ ಅಭೌತ ಧಾತುವಲ್ಲ. ಮೂಲಧಾತುವು ಒಂದು ಪದಾರ್ಥ, ಒಂದು ಕಾಯದ ಒಂದು ಭಾಗ ಅಥವಾ ಅಂಗ. ಇದು ಮೂಲಧಾತು ಎಂಬ ಭಾವದ ಆಧುನಿಕ ನಿರ್ದೇಶಕ್ಕೆ ಅನುಗುಣವಾಗಿದೆ.

ಬಾಯಲ್ ಕೊಟ್ಟ ಧಾತುಗಳ ಪಟ್ಟಿಯು ಬಹಳ ದೊಡ್ಡದಾಗಿರಲಿಲ್ಲ. ಆತನು ಬೆಂಕಿಯನ್ನೂ ಪಟ್ಟಿಯಲ್ಲಿ ಸೇರಿಸಿದನು. ಪ್ರಾಸಂಗಿಕವಾಗಿ ಹೇಳುವುದಾದರೆ, ಧಾತುಗಳ ಕಲ್ಪನೆಯು ಬಾಯಲ್‌ನ ನಂತರವೂ ಜೀವಂತವಾಗಿ ಉಳಿಯಿತು. ರಸಾಯನಶಾಸ್ತ್ರದ ಪ್ರವರ್ತಕನೆಂದು ಪ್ರಸಿದ್ಧನಾದ ಫ್ರಾನ್ಸಿನ ಮಹಾ ವಿಜ್ಞಾನಿ ಆಂಟ್ವಾನ್ ಲೊರಾನ್ ಲಿವೊಸಿಯೇ (1743–1794) ತಯಾರಿಸಿದ ಪಟ್ಟಿಯಲ್ಲಿಯೂ, ನಿಜವಾದ ಧಾತುಗಳ ಜೊತೆಗೆ ಶಾಖವನ್ನುಂಟುಮಾಡುವ ಮತ್ತು ಬೆಳಕನ್ನುಂಟುಮಾಡುವ ಅಭೌತ ವಸ್ತುಗಳು ಸೇರಿಸಲ್ಪಟ್ಟಿವೆ.

18ನೆಯ ಶತಮಾನದ ಮೊದಲನೆಯ ಅರ್ಧ ಭಾಗದಲ್ಲಿ 15 ಧಾತುಗಳ ವಿಚಾರವು ತಿಳಿದಿತ್ತು ಮತ್ತು ಶತಮಾನದ ಕೊನೆಯ ವೇಳೆಗೆ ಈ ಸಂಖ್ಯೆಯು 35ಕ್ಕೆ ಏರಿತು. ನಿಜ, ಇವುಗಳಲ್ಲಿ ಕೇವಲ 23 ಮಾತ್ರ ನಿಜವಾಗಿಯೂ ಧಾತುಗಳಾಗಿದ್ದುವು, ಉಳಿದವು ಅಸ್ತಿತ್ವವಿಲ್ಲದ ಧಾತುಗಳು ಅಥವಾ ಕಾಸ್ಟಿಕ್ ಸೋಡ ಮತ್ತು ಕಾಸ್ಟಿಕ್ ಪೊಟಾಷ್ ಮುಂತಾದ ಸಂಯುಕ್ತ ಪದಾರ್ಥಗಳು.

19ನೆಯ ಶತಮಾನದ ಮಧ್ಯ ಭಾಗದ ವೇಳೆಗೆ, 50ಕ್ಕೂ ಹೆಚ್ಚು ಸಂಖ್ಯೆಯ ವಿಭಜಿಸಲಾಗದ ವಸ್ತುಗಳು ರಸಾಯನಶಾಸ್ತ್ರದ ಪುಸ್ತಕಗಳಲ್ಲಿ ವಿವರಿಸಲ್ಪಟ್ಟಿದ್ದವು.

ರಷ್ಯಾ ದೇಶದ ಪ್ರಸಿದ್ಧ ರಸಾಯನಶಾಸ್ತ್ರಜ್ಞ ಡಿಮಿಟ್ರಿ ಮೆಂಡಲಿಯೇವ್ (1834–1907) ಎಂಬಾತನ ಆವರ್ತಕ ನಿಯಮವು ಇನ್ನೂ ಕಂಡುಹಿಡಿಯಲ್ಪಡದೆ ಇದ್ದ ಮೂಲವಸ್ತುಗಳ ಶೋಧನೆಗೆ ಉತ್ತೇಜನ ಕೊಟ್ಟಿತು. ಈ ನಿಯಮದ ವಿಚಾರವಾಗಿ ಇಲ್ಲಿ ಹೇಳುವುದು ಬಹಳ ಮುಂಚಿತವಾಗುವುದು. ಇಷ್ಟು ಮಾತ್ರ ಹೇಳಬಹುದು – ತನ್ನ ನಿಯಮದ ಸಹಾಯದಿಂದ ಮೆಂಡಲಿಯೇವನು ಇನ್ನೂ ಕಂಡು

ಪಿಡಿಯುಲ್ಪಡದೇ ಇದ್ದ ಮೂಲವಸ್ತುಗಳ ಶೋಧನೆಯುನ್ನು ಹೇಗೆ ಮಾಡಬಹು ದೆಂಬುವನ್ನು ತೋರಿಸಿಕೊಟ್ಟನು.

20ನೆಯ ಶತಮಾನದ ಪ್ರಾರಂಭದ ಹೊತ್ತಿಗೆ ಪ್ರಕೃತಿಯಲ್ಲಿ ಸಿಕ್ಕುವ ಎಲ್ಲ ಮೂಲವಸ್ತುಗಳನ್ನೂ ಕಂಡುಹಿಡಿದಂತೆಯೇ ಆಗಿತ್ತು.

## ಪರಮಾಣುಗಳು ಮತ್ತು ಅಣುಗಳು

ಸುಮಾರು 2000 ವರ್ಷಗಳ ಹಿಂದೆ ಪ್ರಾಚೀನ ರೋಮ್‌ನಲ್ಲಿ ಒಂದು ವಿಶಿಷ್ಟ ಕವಿತೆ ಬರೆಯಲ್ಪಟ್ಟಿತು. ಅದರ ಕರ್ತೃವು ರೋಮನ್ ಕವಿ ಲ್ಯೂಕ್ರೀಷಿಯಸ್ ಎಂಬಾತನು. ಅವನ ಕವಿತೆಯ ಹೆಸರು **"ವಸ್ತುಗಳ ಸ್ವಭಾವ ವಿಷಯವಾಗಿ".** ನಾವಪೂರ್ಣವಾದ ಪದ್ಯಪಂಕ್ತಿಗಳಲ್ಲಿ ಲ್ಯೂಕ್ರೀಷಿಯಸನು ತನ್ನ ಕವಿತೆಯಲ್ಲಿ ವಿಶ್ವದ ವಿಚಾರವಾಗಿ ಪ್ರಾಚೀನ ಗ್ರೀಸ್ ತತ್ವಜ್ಞ ಡೆಮಾಕ್ರೆಟಸ್ ಎಂಬುವನ ಅಭಿಪ್ರಾಯ ಗಳನ್ನು ವಿವರಿಸಿದನು.

ಈ ಅಭಿಪ್ರಾಯಗಳು ಯಾವುವು ? ಅವು ಸಮಗ್ರ ವಿಶ್ವವೆಲ್ಲಾ ಯಾವ ಅತಿ ಸೂಕ್ಷ್ಮವೂ, ಕಣ್ಣಿಗೆ ಕಾಣದಂತಹವೂ ಆದ ಕಣಗಳಿಂದ ನಿರ್ಮಿಸಲ್ಪಟ್ಟಿದೆಯೋ ಆ ಕಣಗಳ ವಿಚಾರವಾದ ನಿರೂಪಣೆಗಳು. ವಿಧವಿಧವಾದ ಪ್ರಕೃತಿ ಘಟನೆಗಳನ್ನು ವೀಕ್ಷಿಸಿ, ಡೆಮಾಕ್ರಿಟಸನು ಅವುಗಳಿಗೆ ಸಮಂಜಸವಾದ ವಿವರಣೆಯನ್ನು ಕೊಡಲು ಪ್ರಯತ್ನಿಸಿದನು.

ಉದಾಹರಣೆಗೆ, ನೀರನ್ನು ತೆಗೆದುಕೊಳ್ಳಿ. ಅದನ್ನು ಸಾಕಷ್ಟು ಕಾಯಿಸಿದಾಗ, ಅದು ಆವಿಯಾಗಿ, ಕಣ್ಮರೆಯಾಗುತ್ತದೆ. ಇದನ್ನು ಹೇಗೆ ವಿವರಿಸಬಹುದು ? ನೀರಿನ ಈ ಲಕ್ಷಣವು ಅದರ ಆಂತರಿಕ ರಚನೆಗೆ ಸಂಬಂಧಿಸಿದೆಯೆಂಬುದು ಸ್ಪಷ್ಟ.

ಅಥವಾ, ಉದಾಹರಣೆಗೆ. ಹೂಗಳ ಸುವಾಸನೆಯನ್ನು ದೂರದಿಂದಲೇ ಹೇಗೆ ಗ್ರಹಿಸುತ್ತೇವೆ ?

ಇದೇ ವಿಧವಾದ ಪ್ರಶ್ನೆಗಳನ್ನು ಚಿಂತಿಸುತ್ತಾ ಬಂದ ಡೆಮಾಕ್ರಿಟಸನ ನಿರ್ಧಾರವೇನೆಂದರೆ ವಸ್ತುಗಳು ಹೊರನೋಟಕ್ಕೆ ಮಾತ್ರ ಗಟ್ಟಿಯಾಗಿ ತೋರು ತ್ತವೆ. ಅವು ವಾಸ್ತವವಾಗಿ ಅತಿ ಸೂಕ್ಷ್ಮವಾದ ಕಣಗಳಿಂದ ಜೋಡಿಸಲ್ಪಟ್ಟಿವೆ,

ಎಂದು. ಈ ಕಣಗಳು ಬೇರೆ ಬೇರೆ ವಸ್ತುಗಳಲ್ಲಿ ಬೇರೆ ಬೇರೆ ರೂಪವುಳ್ಳದ್ದಾಗಿರುತ್ತವೆ, ಅವು ಎಷ್ಟು ಸಣ್ಣವಾಗಿರುವುವೆಂದರೆ ಅವು ಕಣ್ಣಿಗೇ ಕಾಣುವುದಿಲ್ಲ. ಇದರಿಂದಾಗಿಯೇ ನಮಗೆ ಎಲ್ಲಾ ವಸ್ತುಗಳೂ ಗಟ್ಟಿಯಾಗಿರುವಂತೆ ಕಾಣುತ್ತವೆ.

ನೀರು ಮತ್ತು ಇತರ ಎಲ್ಲಾ ವಸ್ತುಗಳೂ ಒಳಗೊಂಡಿರುವ ಅತಿ ಸೂಕ್ಷ್ಮವೂ ಮತ್ತು ಅವಿಭಾಜ್ಯವೂ ಆದ ಈ ಕಣಗಳನ್ನು ಡೆಮಾಕ್ರಿಟಸನು **"ಪರಮಾಣು"** ಎಂದು ಕರೆದನು (ಇದರ ವ್ಯುತ್ಪತ್ತಿ : ಗ್ರೀಕ್ ಭಾಷೆಯ "ಆಟಮಾಸ್" ಎಂದರೆ **"ಅವಿಭಾಜ್ಯ"** ಎಂಬ ಪದದಿಂದ).

24 ಶತಮಾನಗಳ ಹಿಂದೆ ಉದಿಸಿದ ಪ್ರಾಚೀನ ಗ್ರೀಕ್ ತತ್ವಜ್ಞರ ಈ ಅಸಾಧಾರಣ ಊಹೆಯು ಅಲ್ಲಿಂದೀಚೆಗೆ ಬಹುಕಾಲದವರೆಗೂ ಮರೆಯಲ್ಪಟ್ಟಿತು. ಅರಿಸ್ಟಾಟಲನ ತಪ್ಪು ಬೋಧನೆಗಳು ಸಾವಿರ ವರ್ಷಗಳಿಗಿಂತ ಹೆಚ್ಚು ಕಾಲ ವಿಜ್ಞಾನ ಪ್ರಪಂಚದ ಮೇಲೆ ಪೂರ್ಣ ಪ್ರಭಾವ ಬೀರಿತ್ತು.

ಎಲ್ಲಾ ವಸ್ತುಗಳನ್ನೂ ಒಂದರಿಂದ ಮತ್ತೊಂದಕ್ಕೆ ಪರಿವರ್ತಿಸಬಹುದೆಂದು ಸಾಧಿಸುತ್ತಾ ಅರಿಸ್ಟಾಟಲನು ಪರಮಾಣುಗಳ ಇರುವಿಕೆಯನ್ನು ಸ್ಪಷ್ಟವಾಗಿ ನಿರಾಕರಿಸಿದನು. ಯಾವುದೇ ವಸ್ತುವನ್ನು ಅನಂತವಾಗಿ ವಿಭಜಿಸಬಹುದು ಎಂದು ಅರಿಸ್ಟಾಟಲನು ಪ್ರತಿಪಾದಿಸಿದನು.

1647ರಲ್ಲಿ. ಫ್ರಾನ್ಸ್ ದೇಶದ ಪೀಯರ್ ಗ್ಯಾಸೆಂಡಿ (1592-1655) ಎಂಬಾತನು ಒಂದು ಪುಸ್ತಕವನ್ನು ಪ್ರಕಟಿಸಿ. ಅದರಲ್ಲಿ ಅರಿಸ್ಟಾಟಲನ ಬೋಧನೆಗಳನ್ನು ಧೈರ್ಯದಿಂದ ಖಂಡಿಸಿದ್ದನಲ್ಲದೆ. ವಿಶ್ವದ ಎಲ್ಲಾ ವಸ್ತುಗಳೂ ಸೂಕ್ಷ್ಮವೂ. ಅವಿಭಾಜ್ಯವೂ ಆದ ಕಣಗಳಿಂದ – ಪರಮಾಣುಗಳಿಂದ – ರಚಿಸಲ್ಪಟ್ಟಿವೆ ಎಂದು ಸ್ಪಷ್ಟವಾಗಿ ಹೇಳಿದನು. ಪರಮಾಣುಗಳು ಒಂದರಿಂದ ಒಂದು ಆಕಾರ. ಪ್ರಮಾಣ ಮತ್ತು ದ್ರವ್ಯಾಂಶ ಇವುಗಳಲ್ಲಿ ಭಿನ್ನವಾಗಿರುತ್ತವೆ.

ಪ್ರಾಚೀನ ಪರಮಾಣುವಾದಿಗಳ ಉಪದೇಶಗಳನ್ನು ಅನುಮೋದಿಸಿ ಗ್ಯಾಸೆಂಡಿಯು ಆ ಉಪದೇಶಗಳನ್ನು ಹೆಚ್ಚು ವಿಸ್ತರಿಸಿದನು. ಪ್ರಕೃತಿಯಲ್ಲಿನ ಕೋಟ್ಯಾನುಕೋಟಿ ವಿವಿಧ ವಸ್ತುಗಳು ವಿಶ್ವದಲ್ಲಿ ಹೇಗೆ ಉಂಟಾಗಿರುವುವು ಮತ್ತು ಹೇಗೆ ಉಂಟಾಗುತ್ತವೆ ಎಂಬುದನ್ನು ವಿವರಿಸಿದನು. ಇದಕ್ಕಾಗಿ ಹೆಚ್ಚು ಸಂಖ್ಯೆಯಲ್ಲಿ

ವಿವಿಧ ಪರಮಾಣುಗಳ ಅವಶ್ಯಕತೆ ಇಲ್ಲವೆಂದು ಆತನು ತಿಳಿಸಿದನು. ಏಕೆಂದರೆ ಮನೆಗಳನ್ನು ಕಟ್ಟಲು ಬೇಕಾದ ಕಟ್ಟಡದ ಸಾಮಗ್ರಿಗಳಂತೆಯೇ ಪರಮಾಣುಗಳೂ ಕೂಡ. ಅನೇಕ ಬೇರೆ ಬೇರೆ ಮಾದರಿಯ ಮನೆಗಳನ್ನು ಬಹು ಹೆಚ್ಚು ಸಂಖ್ಯೆಯಲ್ಲಿ ಮೂರೇ ನಾಲ್ಕೋ ಜಾತಿಯ ಕಟ್ಟಡದ ಸಾಮಗ್ರಿಗಳು – ಅಂದರೆ ಇಟ್ಟಿಗೆಗಳು, ಹಲಗೆಗಳು ಮತ್ತು ದಿಮ್ಮಿಗಳು – ಇವುಗಳಿಂದ ನಿರ್ಮಿಸಲು ಸಾಧ್ಯ. ಇದೇ ರೀತಿಯಲ್ಲಿಯೇ ಪ್ರಕೃತಿಯು ಹತ್ತಾರು ಭಿನ್ನ ಜಾತಿಯ ಪರಮಾಣುಗಳಿಂದ ಸಾವಿರಾರು ಸಂಖ್ಯೆಯಲ್ಲಿ ಅನೇಕ ವಿಧದ ವಸ್ತುಗಳನ್ನು ನಿರ್ಮಿಸಬಲ್ಲುದು. ಇದೂ ಅಲ್ಲದೆ, ಪ್ರತಿಯೊಂದು ವಸ್ತುವಿನಲ್ಲಿಯೂ ಬೇರೆ ಬೇರೆ ಪರಮಾಣುಗಳು ಸಣ್ಣ ಗುಂಪುಗಳಲ್ಲಿ ಒಟ್ಟುಗೂಡಿಸಲ್ಪಟ್ಟಿವೆ; ಈ ಗುಂಪುಗಳಿಗೆ ಗ್ಯಾಸೆಂಡಿಯು **ಅಣುಗಳು** (molecules) ಎಂಬ ಹೆಸರಿಟ್ಟನು, ಅಂದರೆ **"ಸಣ್ಣ ದ್ರವ್ಯಾಂಶಗಳು"** ಎಂದು (ಲ್ಯಾಟಿನ್ ಭಾಷೆಯಲ್ಲಿನ, "ದ್ರವ್ಯಾಂಶ" ಎಂಬ ಅರ್ಥಕೊಡುವ, **"ಮೋಲ್"** ಎಂಬ ಪದದಿಂದ ಬಂದುದು).

ಬೇರೆ ಬೇರೆ ವಸ್ತುಗಳ ಅಣುಗಳು ಅವುಗಳಲ್ಲಡಗಿರುವ ಪರಮಾಣುಗಳ ಸಂಖ್ಯೆ ಮತ್ತು ಜಾತಿ ಇವುಗಳಲ್ಲಿ ಪರಸ್ಪರ ವ್ಯತ್ಯಾಸ ಹೊಂದಿರುತ್ತವೆ. ಹತ್ತಾರು ಬೇರೆ ಬೇರೆ ಜಾತಿಯ ಪರಮಾಣುಗಳಿಂದ ಪರಮಾಣುಗಳು, ಅಣುಗಳು ಇವುಗಳ ಬಹು ವಿಧವಾದ ಕೂಟಗಳನ್ನು ಬಹು ದೊಡ್ಡ ಸಂಖ್ಯೆಯಲ್ಲಿ ನಿರ್ಮಿಸಬಹುದೆಂಬುದನ್ನು ಮನಗಾಣುವುದು ಕಷ್ಟವಲ್ಲ. ಇದರಿಂದಾಗಿಯೇ ನಮ್ಮ ಸುತ್ತಲೂ ಇರುವ ವಸ್ತುಗಳಲ್ಲಿ ಅಷ್ಟೊಂದು ವೈವಿಧ್ಯ ಇರುವುದು.

ಇಷ್ಟಾದರೂ, ಗ್ಯಾಸೆಂಡಿಯ ಅಭಿಪ್ರಾಯಗಳಲ್ಲಿ ತಪ್ಪು ಭಾವನೆಗಳು ಹೆಚ್ಚಾಗಿಯೇ ಇದ್ದವು. ಹೇಗೆಂದರೆ, ಉಷ್ಣ, ಶೀತ, ರುಚಿ ಮತ್ತು ವಾಸನೆ ಇವುಗಳಿಗೆ ವಿಶಿಷ್ಟವಾದ ಪರಮಾಣುಗಳಿರುವುದಾಗಿ ಆತನು ನಂಬಿದ್ದನು. ಆಗಿನ ಕಾಲದ ಇತರ ವಿಜ್ಞಾನಿಗಳಂತೆಯೇ ಈತನಿಗೂ ಕೂಡ ಅರಿಸ್ಟಾಟಲಿನ ಪ್ರಭಾವವನ್ನು ಪೂರ್ತಿಯಾಗಿ ಕಳೆದುಕೊಳ್ಳಲಾಗಲಿಲ್ಲ. ಮತ್ತು ಆತನಂತೆಯೇ ಅದ್ರವ್ಯ ಮೂಲ ವಸ್ತುಗಳ ಇರುವಿಕೆಯನ್ನು ಅನುಮೋದಿಸಿದನು.

ಅಲ್ಲಿಂದ ಬಹಳ ಕಾಲದ ಮೇಲೆ ಪ್ರಯೋಗಗಳಿಂದ ಸಮರ್ಥಿಸಲ್ಪಟ್ಟ ಮುಂದೆ

ಹೇಳುವ ಭಾವನೆಗಳು ರಷ್ಯಾ ದೇಶದಲ್ಲಿ ವಿಜ್ಞಾನವನ್ನು ಸ್ಥಾಪಿಸಿದ ಎಂ. ವಿ. ಲೊಮೊನೊಸಾವ್ ಎಂಬ ಮಹಾವಿಜ್ಞಾನಿಯ ಬರಹಗಳಲ್ಲಿವೆ.

ಲೊಮೊನೊಸಾವ್ ಬರೆದಿರುವುದೇನೆಂದರೆ, ಅಣುಗಳು ಒಂದೇ ಜಾತಿಯ ಸಮುಚ್ಚಯವಾಗಿರಬಹುದು, ಅಥವಾ ಬೇರೆ ಬೇರೆ ಜಾತಿಯ ಸಮುಚ್ಚಯವಾಗಿರಬಹುದು (ಸಮಜಾತೀಯ ಅಥವಾ ವಿಷಮ ಜಾತೀಯ ಭಾಗಗಳುಂಟಾಗಿರಬಹುದು). ಮೊದಲನೆಯ ಸಂದರ್ಭದಲ್ಲಿ ಸಮರೂಪದ ಪರಮಾಣುಗಳು ಒಂದು ಅಣುವಿನಲ್ಲಿ ಕೂಡಿಸಲ್ಪಟ್ಟಿವೆ. ಎರಡನೆಯ ಸಂದರ್ಭದಲ್ಲಿ ಅಣುವು ಬೇರೆ ಬೇರೆ ಜಾತಿಯ ಪರಮಾಣುಗಳ ಸಂಯೋಜನೆಯಿಂದಾಗಿದೆ. ಯಾವುದಾದರೂ ಒಂದು ವಸ್ತುವು ಸಮಜಾತೀಯ ಅಣುಗಳಿಂದ ರಚಿತವಾಗಿದ್ದರೆ, ಅದನ್ನು ಸರಳ ಪದಾರ್ಥವೆಂದು ಪರಿಗಣಿಸಬೇಕು. ಅಲ್ಲದೆ, ವಸ್ತುವು ವಿವಿಧ ಪರಮಾಣುಗಳಿಂದ ರಚಿಸಲ್ಪಟ್ಟ ಅಣುಗಳನ್ನೊಳಗೊಂಡಿದ್ದರೆ ಅದನ್ನು ಸಂಯುಕ್ತವಸ್ತು ಎಂದು ಲೊಮೊನೊಸಾವ್ ಕರೆಯುತ್ತಾನೆ.

ಪ್ರಕೃತಿಯಲ್ಲಿನ ಬಗೆಬಗೆಯ ವಸ್ತುಗಳು ಇದೇ ವಿಧವಾದ ರಚನಾಕ್ರಮವುಳ್ಳದ್ದಾಗಿರುವುದೆಂದು ಈಗ ನಮಗೆ ಚೆನ್ನಾಗಿ ತಿಳಿದು ಬಂದಿದೆ. ವಾಸ್ತವದಲ್ಲಿ, ಉದಾಹರಣೆಗಾಗಿ ಆಮ್ಲಜನಕ ಅನಿಲವನ್ನು ತೆಗೆದುಕೊಳ್ಳಿ; ಅದರ ಪ್ರತಿಯೊಂದು ಅಣುವಿನಲ್ಲಿಯೂ ಎರಡು ಆಮ್ಲಜನಕದ ಪರಮಾಣುಗಳು ಇವೆ. ಇದು ಒಂದು ಸರಳ ಪದಾರ್ಥದ ಅಣು. ಆದರೆ ಒಂದು ಅಣುವಿನಲ್ಲಿ ಕೂಟವಾಗಿರುವ ಪರಮಾಣುಗಳು ಭಿನ್ನ ಜಾತಿಯವುಗಳಾಗಿದ್ದರೆ, ಅದು ಒಂದು ರಾಸಾಯನಿಕ ಸಂಯುಕ್ತ ಪದಾರ್ಥ. ಅದರ ಅಣುಗಳು ಈ ಸಂಯುಕ್ತ ಪದಾರ್ಥದ ರಚನೆಯಲ್ಲಿ ಬಳಸಿರುವ ರಾಸಾಯನಿಕ ಮೂಲವಸ್ತುಗಳ ಪರಮಾಣುಗಳಿಂದ ಕೂಡಿರುತ್ತವೆ. ಇದನ್ನು ಬೇರೆ ರೀತಿಯಲ್ಲಿ ಹೀಗೆ ಹೇಳಬಹುದು : ಪ್ರತಿ ಒಂದು ಸರಳ ವಸ್ತುವೂ ಒಂದೇ ರಾಸಾಯನಿಕ ಮೂಲವಸ್ತುವಿನ ಪರಮಾಣುಗಳಿಂದುಂಟಾಗಿರುತ್ತದೆ: ಸಂಯುಕ್ತ ವಸ್ತುವು ಎರಡು ಅಥವಾ ಹೆಚ್ಚು ಮೂಲವಸ್ತುಗಳ ಪರಮಾಣುಗಳನ್ನೊಳಗೊಂಡಿರುತ್ತದೆ.

ಪರಮಾಣುಗಳ ಅಸ್ತಿತ್ವಕ್ಕೆ ಬೆಂಬಲ ಕೊಡುವ ತಾತ್ವಿಕ ಕಾರಣಗಳನ್ನು

ಮುಂದಿಡುತ್ತಾ ಹಲವಾರು ವಿದ್ವಾಂಸರು ಅಭಿಪ್ರಾಯಗಳನ್ನು ವ್ಯಕ್ತಪಡಿಸಿದರು. ಇಂಗ್ಲಿಷ್ ವೈಜ್ಞಾನಿಕ ಜಾನ್ ಡಾಲ್ಟನ್ (1766–1844) ಎಂಬಾತನು ಪರಮಾಣುಗಳನ್ನು ವಿಜ್ಞಾನದಲ್ಲಿ ಸಮರ್ಪಕ ರೀತಿಯಲ್ಲಿ ಪ್ರಚಾರಕ್ಕೆ ತಂದನು. ಮತ್ತು ಅವುಗಳನ್ನು ಸಂಶೋಧನೆಯ ವಿಷಯಗಳಾಗಿಸಿದನು. ಪರಮಾಣುವಿನ ಕಲ್ಪನೆಯ ಉಪಯೋಗದಿಂದ ಮಾತ್ರ ಸಹಜ ರೀತಿಯಲ್ಲಿ ವಿವರಣೆಕೊಡಲು ಸಾಧ್ಯವಾಗುವ ರಾಸಾಯನಿಕ ಕ್ರಮಬದ್ಧತೆಗಳು ಇರುವುದನ್ನು ಡಾಲ್ಟನ್ ತೋರಿಸಿಕೊಟ್ಟನು.

ಡಾಲ್ಟನ್ನಿನ ತರುವಾಯ, ಪರಮಾಣುಗಳ ವಿಜ್ಞಾನ ಪ್ರಪಂಚ ಪ್ರವೇಶ ಭದ್ರವಾಯಿತು. ಆದರೂ, ಅಲ್ಲಿಂದಾಚೆಗೆ ಬಹುಕಾಲದವರೆಗೂ ಪರಮಾಣುಗಳಲ್ಲಿ ನಂಬಿಕೆ ಇಲ್ಲದ ವೈಜ್ಞಾನಿಕರು ಇದ್ದರು. ಕಳೆದ ಶತಮಾನದ ಅಂತ್ಯದಲ್ಲಿ ಕೂಡ ಒಬ್ಬಾತನು ಪರಮಾಣುಗಳನ್ನು, ಹಲವು ದಶಕಗಳ ನಂತರ ಪುಸ್ತಕ ಭಂಡಾರಗಳ ಧೂಳಿನಲ್ಲಿ ಮಾತ್ರ ಹುಡುಕಬಹುದೆಂದು ಬರೆದನು.

ಇಂತಹ ವಾದಗಳು ಈಗ ಹಾಸ್ಯಾಸ್ಪದವಾಗಿ ತೋರುತ್ತವೆ. ಈಗ ಪರಮಾಣುಗಳ "ಜೀವನ"ದ ವಿಷಯವಾಗಿ ಎಷ್ಟು ವಿವರಗಳು ನಮಗೆ ತಿಳಿದುಬಂದಿವೆಯೆಂದರೆ, ಅವರ ಇರುವಿಕೆಯನ್ನು ಶಂಕಿಸುವುದು, ಕಪ್ಪು ಸಮುದ್ರವು ಇದೆ ಎಂಬುದನ್ನು ಸಂಶಯಿಸುವಂತೆಯೇ ಆಗುವುದು.

ಪರಮಾಣುಗಳ ಸಾಪೇಕ್ಷಕ ದ್ರವ್ಯಾಂಶಗಳನ್ನು ರಸಾಯನ ವಿಜ್ಞಾನಿಗಳು ಕಂಡುಹಿಡಿದಿದ್ದಾರೆ. ಮೊಟ್ಟಮೊದಲಿಗೆ, ಜಲಜನಕದ ಪರಮಾಣುವಿನ ದ್ರವ್ಯಾಂಶವನ್ನು ಪರಮಾಣು ದ್ರವ್ಯಾಂಶದ ಏಕಮಾನವಾಗಿ ಇಟ್ಟುಕೊಳ್ಳಲಾಯಿತು. ಸಾರಜನಕದ ಸಾಪೇಕ್ಷಕ ಪರಮಾಣು ದ್ರವ್ಯಾಂಶವು ಸುಮಾರು 14, ಆಮ್ಲಜನಕದ್ದು 16, ಕ್ಲೋರೀನ್‌ದು 35.5 ಎಂದು ತಿಳಿದು ಬಂದಿತು. ಸ್ವಲ್ಪ ಕಾಲದ ನಂತರ ಸಾಪೇಕ್ಷಕ ಪರಮಾಣು ದ್ರವ್ಯಾಂಶದ ಏಕಮಾನಗಳನ್ನು ಸ್ವಲ್ಪ ಬೇರೆಯಾಗಿ ಚುನಾಯಿಸಲಾಯಿತು, ಇದರಲ್ಲಿ ಆಮ್ಲಜನಕಕ್ಕೆ 16.0000 ಸಂಖ್ಯೆಯನ್ನು ಗೊತ್ತುಮಾಡಲಾಯಿತು. ಈ ಅಳತೆಯಲ್ಲಿ ಜಲಜನಕದ ದ್ರವ್ಯಾಂಶವು 1.008 ಎಂದಾಯಿತು.

ನಮ್ಮ ಆಸಕ್ತಿಯ ವಿಷಯವು ಪರಮಾಣುಗಳ ನಿರಪೇಕ್ಷ ದ್ರವ್ಯಾಂಶವೇ ಹೊರತು, ಅವುಗಳ ಸಾಪೇಕ್ಷಕ ದ್ರವ್ಯಾಂಶ ಮಾತ್ರವಲ್ಲ. ಈ ಉದ್ದೇಶಕ್ಕಾಗಿ,

ಯಾವುದಾದರೂ ಒಂದು ಜಾತಿಯ ಪರಮಾಣುವಿನ ನಿರಪೇಕ್ಷ ದ್ರವ್ಯಾಂಶವನ್ನು ಅಳತೆ ಮಾಡಿದರೆ ಸಾಕು. ಪ್ರಸ್ತುತದಲ್ಲಿ, ಆಮ್ಲಜನಕ ಅಥವಾ ಜಲಜನಕಕ್ಕೆ ಬದಲಾಗಿ ಇಂಗಾಲವನ್ನು ಆಧಾರವಾಗಿ ತೆಗೆದುಕೊಳ್ಳಲಾಗಿದೆ. ಈಗಿನವರೆಗೂ. ಸಂಶೋಧಕರು ಪರಮಾಣುಗಳ ನಿರಪೇಕ್ಷ ದ್ರವ್ಯಾಂಶಗಳ ಅಳತೆಗಳನ್ನು ಅವಿಶ್ವಾಸದಿಂದ ಕಾಣುತ್ತಿದ್ದರು ಮತ್ತು ಮುಂದೆ ಹೇಳುವ ಕ್ರಮವನ್ನನುಸರಿಸುತ್ತಿದ್ದರು. ಅವರುಗಳು $^{12}C$ ಎಂಬ ಇಂಗಾಲದ ಸಮಸ್ಥಾನಿಯ ದ್ರವ್ಯಾಂಶವನ್ನು ಖಚಿತವಾಗಿ ಹನ್ನೆರಡು ಪರಮಾಣು ದ್ರವ್ಯಾಂಶ ಏಕಮಾನಗಳೆಂದು ಇಟ್ಟುಕೊಂಡರು. ಅಮೇಲೆ. ಪರಮಾಣುಗಳ ನಿರಪೇಕ್ಷ ದ್ರವ್ಯಾಂಶಗಳ ಅಳತೆಗಳ ನಿಷ್ಕೃಷ್ಟತೆಯ ಮಟ್ಟವನ್ನು ಗಮನಿಸದೆ, ಅವರುಗಳು

$$1\ \text{amu} = 1.662 \times 10^{-24}\ \text{ಗ್ರಾಂ}$$

ಎಂದು ಭಾವಿಸಿದರು.

ಏನಾದರೂ ಆಗಲಿ, ಈ ಮೌಲ್ಯವು ನಿಜವಾದುದಕ್ಕಿಂತ ಹೆಚ್ಚೇನೂ ವ್ಯತ್ಯಾಸವಾದುದಲ್ಲ. ಪ್ರಾಯಶಃ, ಅವರು ಅತಿ ಎಚ್ಚರಿಕೆಯುಳ್ಳವರು, ಏಕೆಂದರೆ ಈಗಿನ ಕಾಲದ ಅಳತೆಯ ನಿಷ್ಕೃಷ್ಟತೆಯ ಮಟ್ಟವು ಸುಮಾರು 10 ಲಕ್ಷದ ಒಂದು ಭಾಗದರೊಳಗೇ ಇರುವುದು. ಕಳೆದ ಶತಮಾನದ ಅವಧಿಯಲ್ಲಿ ಅಳತೆಯ ವಿಧಾನಗಳು ಬಹುಮಟ್ಟಿಗೆ ಮುಂದುವರಿದಿವೆ. 1875ರಲ್ಲಿ 1 amuವಿನ ಮೌಲ್ಯವು ಸುಮಾರು 30% ರಷ್ಟರ ಮಟ್ಟದ ನಿಖರತೆಯಲ್ಲಿ ಗೊತ್ತುಮಾಡಲ್ಪಟ್ಟಿತ್ತು.

ಒಂದು ಪರಮಾಣುವಿನ ದ್ರವ್ಯಾಂಶವನ್ನು ಗ್ರಾಂಗಳಲ್ಲಿ ಹೇಗೆ ಅಳತೆ ಮಾಡುವುದು? ಒಬ್ಬ ಭೌತವಿಜ್ಞಾನಿಯು ಒಂದೇ ಒಂದು ಪರಮಾಣುವನ್ನು ಇಟ್ಟು ಅದನ್ನು ಸಣ್ಣದಾದ ತೂಕದ ಬಟ್ಟಿನೊಡನೆ ಸರಿತೂಗಿಸುವುದಕ್ಕಾಗುವಂತಹ ತ್ರಾಸು ರಚಿತವಾಗಿಲ್ಲ. ನೂರು ವರ್ಷಗಳ ಹಿಂದಿನಂತೆಯೇ ಈಗಲೂ ಭೌತವಿಜ್ಞಾನಿಗಳು ಇದಕ್ಕಾಗಿ ಪರೋಕ್ಷವಾದ ಪ್ರಯೋಗಗಳನ್ನು ಬಳಸುವರು. ಆದರೂ ಅವು ನೇರವಾಗಿ ತೂಕಮಾಡುವುದಕ್ಕಿಂತ ಕಡಿಮೆ ವಿಶ್ವಾಸಾರ್ಹವಾದುವೇನೂ ಅಲ್ಲ. ಅದರೇನು. ತೂಕ ಮಾಡುವುದನ್ನು ಸಂಪೂರ್ಣವಾಗಿ ಬಿಡುವುದಕ್ಕಾಗುವುದಿಲ್ಲ. ತ್ರಾಸಿನ $^{12}C$ ಇಂಗಾಲದ ಒಂದೇ ಒಂದು ಪರಮಾಣುವಿಗೆ ಬದಲಾಗಿ ಒಂದು ಗ್ರಾ

ಗುಂಡನ್ನು ಇಡುತ್ತೇವೆ (ವಾಸ್ತವದಲ್ಲಿ ನಾವು ಸ್ವಲ್ಪ ಬೇರೆಯಾಗ ಕ್ರಮವನ್ನನು ಸರಿಸುತ್ತೇವೆ, ಆದರೆ ತೂಕ ಮಾಡುವ ಉದ್ದೇಶವನ್ನು ವಿವರಿಸುವುದೇ ಮುಖ್ಯ ಅಭಿಪ್ರಾಯವಾದ್ದರಿಂದ, ನುರಿತ ಓದುಗರು ನಮ್ಮ ಸುಲಭ ರೀತಿಯ ವಿವರಣೆಗಾಗಿ ನಮ್ಮನ್ನು ಕ್ಷಮಿಸುವರೆಂದು ಆಶಿಸುತ್ತೇವೆ). ಗುಂಡಿನ ದ್ರವ್ಯಾಂಶವೂ ಮತ್ತು ಅದರ ಅಳತೆಯೂ ತಿಳಿದಿದ್ದರೆ, ಅದರ ಸಾಂದ್ರತೆಯನ್ನು ಕಂಡುಹಿಡಿಯಬಹುದು. ತೂಕ ಮಾಡಲ್ಪಡುತ್ತಿರುವ ಪದಾರ್ಥವು ಲೋಪದೋಷಗಳಿಲ್ಲದ ಒಂದು ಹರಳು ಆಗಿರಬೇಕು. ಇದನ್ನು ಸಾಧಿಸುವುದು ಸುಲಭವಲ್ಲ, ಆದರೂ ಸ್ವಲ್ಪ ಹೆಚ್ಚು ಕಡಿಮೆ ಸಾಧ್ಯ. ಇದರಿಂದಾಗಿ ಪ್ರಯೋಗಗಳಿಂದ ಲಭ್ಯವಾದ ಸಾಂದ್ರತೆಯನ್ನು ಹೀಗೆ ಬರೆಯಬಹುದು.

$$\rho = \frac{Z m_A}{V}$$

ಇದರಲ್ಲಿ $m_A$ = ಪರಮಾಣುವಿನ ದ್ರವ್ಯಾಂಶ, amuಗಳಲ್ಲಿ

$V$ = ಹರಳಿನ ಏಕಮಾನ ಕೋಶದ ಘನ ಅಳತೆ

$Z$ = ಒಂದು ಕೋಶದಲ್ಲಿರುವ ಪರಮಾಣುಗಳ ಸಂಖ್ಯೆ.

ಕೊನೆಯ ಎರಡು ಮೌಲ್ಯಗಳನ್ನು ನಾಲ್ಕನೆಯ ಸಂಪುಟದಲ್ಲಿ ಚರ್ಚಿಸಲಾಗುವ ಕ್ಷ-ಕಿರಣಗಳಿಂದ ರಚನಾ ವಿಮರ್ಶೆಯ ವಿಧಾನದ ಮೂಲಕ ಕಂಡುಹಿಡಿಯಬಹುದು.

ನಮ್ಮ ಕಥೆಯಲ್ಲಿ ಮುಂದೆ ಬರುವುದನ್ನು ಈಗಲೇ ಪ್ರಸ್ತಾಪಿಸಿರುವುದನ್ನು ಓದುಗರು ಆಕ್ಷೇಪಿಸಕೂಡದು. ಭೌತವಿಜ್ಞಾನದ ಮೇಲಿನ ಪುಸ್ತಕಗಳನ್ನು ಕನಿಷ್ಠ ಪಕ್ಷ ಎರಡು ಸಲವಾದರೂ ಓದಬೇಕು.

ಈ ವಿಧಾನದ ಉಪಯೋಗದಿಂದ ಪರಮಾಣು ದ್ರವ್ಯಾಂಶದ ಏಕಮಾನವನ್ನು ಅತಿ ಹೆಚ್ಚು ಮಟ್ಟದ ನಿಖರತೆಯಿಂದ ಕಂಡುಹಿಡಿಯಬಹುದು. ಈಗಿನ ಸಮಯದಲ್ಲಿ ಇದರ ಬಹು ಹೆಚ್ಚು ಖಾತರಿಯಾದ ಮೌಲ್ಯವು

$$1 \text{ amu} = (1.66043 \pm 0.00031) \times 10^{-24} \text{ ಗ್ರಾಂ.}$$

ಆಗಿರುತ್ತದೆ.

ಈ ಮೌಲ್ಯದ ಅತಿ ಸೂಕ್ಷ್ಮ ಪ್ರಮಾಣವನ್ನು ಮನದಟ್ಟು ಮಾಡಿಕೊಳ್ಳುವ

ಸಲುವಾಗಿ ಓದುಗನು ತನ್ನ ಕಲ್ಪನಾಶಕ್ತಿಯನ್ನು ಉಪಯೋಗಿಸಿಕೊಳ್ಳಬೇಕಾಗಿ ಕೇಳುತ್ತೇವೆ. ಪೃಥ್ವಿಯಲ್ಲಿನ ಪ್ರತಿಯೊಬ್ಬ ವ್ಯಕ್ತಿಯೂ ನಿಮಗೆ 100 ಕೋಟಿ ಅಣುಗಳನ್ನು ಸಲ್ಲಿಸಬೇಕೆಂದು ಒತ್ತಾಯಪಡಿಸುವರೆಂದು ಭಾವಿಸಿಕೊಳ್ಳಿ. ಹಾಗಾದಾಗ ನೀವು ಎಷ್ಟು ಪದಾರ್ಥವನ್ನು ಗಳಿಸಬಹುದು ? ಒಂದು ಗ್ರಾಂನಲ್ಲಿ 10 ಲಕ್ಷದ ಒಂದು ಭಾಗವನ್ನು ಹಲವು ಸಾವಿರ ಸಂಖ್ಯೆಯಲ್ಲಿ ಮಾತ್ರ.

ಅಥವಾ ಇಂತಹ ಮತ್ತೊಂದು ಉಪಮಾನ : ಭೂಮಿಯು ಒಂದು ಸೇಬು ಹಣ್ಣಿಗಿಂತ ಎಷ್ಟು ಹೆಚ್ಚು ಭಾರವಿದೆಯೋ ಅಷ್ಟೇ ಪ್ರಮಾಣದಲ್ಲಿ ಒಂದು ಸೇಬು ಹಣ್ಣು ಜಲಜನಕದ ಒಂದು ಅಣುವಿಗಿಂತ ಹೆಚ್ಚು ಭಾರವಾಗಿರುವುದು.

ಪರಮಾಣು ದ್ರವ್ಯಾಂಶದ ಏಕಮಾನದ ವ್ಯುತ್ಕ್ರಮ ಸಂಖ್ಯೆಗೆ **ಅವೊಗಾಡ್ರೊ ಸಂಖ್ಯೆ** ಎಂದು ಹೆಸರು :

$$N_A = \frac{1}{1\ \text{amu}} = 6.0220943 \times 10^{23}$$

ಬಹು ದೊಡ್ಡದಾದ ಈ ಸಂಖ್ಯೆಯ ಪ್ರಾಮುಖ್ಯತೆ ಹೀಗಿದೆ. ಯಾವುದಾದರೂ ಒಂದು ಪದಾರ್ಥದ ಮೊತ್ತವನ್ನು ಗ್ರಾಂಗಳಲ್ಲಿ ಅದರ ಪರಮಾಣುಗಳ ಅಥವಾ ಅಣುಗಳ ಸಾಪೇಕ್ಷಕ ದ್ರವ್ಯಾಂಶ $M$ಗೆ ಸಮವಾಗುವಷ್ಟು ತೆಗೆದುಕೊಳ್ಳೋಣ, ಉದಾಹರಣೆಗೆ, $^{12}C$ ಎಂಬ ಇಂಗಾಲದ ಸಮಸ್ಥಾನಿಯ 12 ಗ್ರಾಂ. ಇದನ್ನು ಇನ್ನೂ ಸಂಗ್ರಹವಾಗಿ ಹೇಳಬಹುದು : ಪದಾರ್ಥದ ಒಂದು ಮೋಲ್ ಅಷ್ಟು ತೆಗೆದುಕೊಳ್ಳೋಣ (ಮೊದಲನೆಯ ಸಂಪುಟದಲ್ಲಿ ಅಂತರರಾಷ್ಟ್ರೀಯ ಏಕಮಾನ ಪದ್ಧತಿ- SI ಏಕಮಾನಗಳು – ವಿವರಿಸಿದಾಗ ಕೊಟ್ಟ ಮೋಲ್ ಎಂಬುದರ ನಿರ್ದೇಶದೊಂದಿಗೆ ತಾಳೆ ನೋಡಿ). ಪದಾರ್ಥದ ಒಂದು ಮೋಲ್ ಅಷ್ಟರ ದ್ರವ್ಯಾಂಶವು $Mm_A$ಗೆ ಸಮವಾಗಿರುವುದು. ಆದ್ದರಿಂದ ಇಂಗಾಲದ 12 ಗ್ರಾಂಗಳಲ್ಲಿಯೂ. ಈ ಕಣಗಳ ಒಂದು ಮೋಲ್ ಅಷ್ಟರ ಗುಂಪಿನಲ್ಲಿರುವ ಅಣುಗಳು, ಪರಮಾಣುಗಳು ಇವುಗಳ ಸಂಖ್ಯೆಯು

$$\frac{M}{Mm_A} = N_A$$

ಆಗಿರುತ್ತದೆ, ಇದೇ ಅವೊಗಾಡ್ರೊ ಸಂಖ್ಯೆ.

ಬಹುಕಾಲದವರೆಗೂ ಭೌತವಿಜ್ಞಾನಿಗಳಿಗೆ "ಪದಾರ್ಥದ ಮೊತ್ತ" ಎಂಬ ಕಲ್ಪನೆಯ ಉಪಯೋಗದ ಅವಶ್ಯಕತೆ ಉಂಟಾಗಲಿಲ್ಲ. ಪರಮಾಣುಗಳು ಮತ್ತು ಅಣುಗಳು ಇವುಗಳೊಡನೆ ಮಾತ್ರ ವ್ಯವಹರಿಸುತ್ತಿರುವವರೆಗೂ, ಮೋಲ್ ಎಂಬುದನ್ನು ಅಣುವಿನ (ಅಥವಾ ಪರಮಾಣುವಿನ) ತೂಕವನ್ನು ಗ್ರಾಂಗಳಲ್ಲಿ ಆಗುವ ಸಂಖ್ಯೆ ಎಂದು ನಿರ್ದೇಶಿಸುವುದು ಸೂಕ್ತವಾಗಿತ್ತು.

ಆಮೇಲೆ, ಅಯಾನ್‌ಗಳು, ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್‌ಗಳು, ಮೆಸಾನ್‌ಗಳು ಮತ್ತು ಅನೇಕ ವಿಧದ ಕಣಗಳು ಗೋಚರಕ್ಕೆ ಬಂದವು. ಕಣಗಳ ಒಂದು ಸಮೂಹವನ್ನು ಅವುಗಳ ದ್ರವ್ಯಾಂಶದ ಮೂಲಕವೇ ಗುಣವರ್ಣನೆ ಮಾಡುವುದು ಎಲ್ಲಾ ಸಂದರ್ಭಗಳಲ್ಲಿಯೂ ಅನುಕೂಲವಾದುದಲ್ಲವೆಂದು ಭೌತವಿಜ್ಞಾನಿಗಳು ನಿರ್ಧರಿಸಿದರು. ಇದರಿಂದಾಗಿ ಪದಾರ್ಥದ ಮೊತ್ತದ ಏಕಮಾನ–ಮೋಲ್–ಎಂಬುದನ್ನು ಸ್ಥಾಪಿಸಬೇಕಾಯಿತು. ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್‌ಗಳ ಒಂದು ಮೋಲ್ ಸೀಸದ ಪರಮಾಣುಗಳ ಒಂದು ಮೋಲ್ ಅಥವಾ ಪೈ-ಮೆಸಾನ್‌ಗಳ ಒಂದು ಮೋಲ್ ಎಂದು ಹೇಳಿದಾಗ ನಾವು ಈ ಕಣಗಳ ದ್ರವ್ಯಾಂಶವನ್ನು ನಿರ್ದೇಶಿಸುತ್ತಿಲ್ಲ (ಮುಂದೆ ಕಂಡುಬರುವಂತೆ ಇದು ಅವುಗಳ ವೇಗವನ್ನು ಅವಲಂಬಿಸಿರುತ್ತದೆ) ಅವುಗಳ ಸಂಖ್ಯೆ ಮಾತ್ರ. ಹಿಂದೆ ಮೋಲ್ ಎಂಬುದಕ್ಕೆ ಕೊಟ್ಟಿರುವ ಅರ್ಥವು ಈಗಲೂ ಸರಿಯಾಗಿರುತ್ತದೆ. ಏಕೆಂದರೆ $N_A$ ಸಂಖ್ಯೆಯು ಯಾವುದೇ ಜಾತಿಯ ಪರಮಾಣುಗಳು ಅಥವಾ ಅಣುಗಳು ಗ್ರಾಂಗಳಲ್ಲಿ ಕೊಟ್ಟ ಪರಮಾಣು ಅಥವಾ ಅಣು ದ್ರವ್ಯಾಂಶಕ್ಕೆ ಬಹುತೇಕ ಸಮನಾಗಿರುತ್ತದೆ. ಅವೊಗಾಡ್ರೊ ಸಂಖ್ಯೆಯ ಅರ್ಥವೂ ವ್ಯತ್ಯಾಸವಾಗಿಲ್ಲ; ಈಗ ಅದಕ್ಕೆ ಒಂದು ಹೊಸ ಹೆಸರು : (ಮೋಲ್)$^{-1}$, ಅಷ್ಟೇ.

## ಕಾಖ ಎಂದರೇನು ?

ಬಿಸಿಯಾದ ಒಂದು ಕಾಯವು ತಣ್ಣಗಿರುವ ಒಂದಕ್ಕಿಂತ ಯಾವ ವಿಧದಲ್ಲಿ

ಬೇರೆಯಾಗಿರುತ್ತದೆ ? 19ನೆಯ ಶತಮಾನದವರೆಗೂ, ಈ ಪ್ರಶ್ನೆಗೆ ಹೀಗೆ ಉತ್ತರ ಕೊಡಲಾಗಿತ್ತು : "ಉಪ್ಪುಪ್ಪಾಗಿರುವ ಸಾರಿನಲ್ಲಿ ಹೇಗೆ ಉಪ್ಪು ಜಾಸ್ತಿ ಇರುವುದೋ ಅದೇ ರೀತಿಯಲ್ಲಿಯೇ ಬಿಸಿಯಾಗಿರುವ ಕಾಯವು ತಣ್ಣಗಿರುವ ಕಾಯಕ್ಕಿಂತ ಶಾಖವನ್ನುಂಟುಮಾಡುವ ('ಕ್ಯಾಲೊರಿಕ್') ದ್ರವ್ಯವನ್ನು ಹೆಚ್ಚು ಒಳಗೊಂಡಿರುತ್ತದೆ." ಹಾಗಾದರೆ ಕ್ಯಾಲೊರಿಕ್ ಅನ್ನುವುದು ಏನು ? ಈ ಪ್ರಶ್ನೆಗೆ ಕೊಟ್ಟ ಉತ್ತರವು ಹೀಗಿದೆ : "ಕ್ಯಾಲೊರಿಕ್ ಎಂಬುದು ಶಾಖದ ದ್ರವ್ಯ, ಅದು ಮೂಲರೂಪದ ಅಗ್ನಿ"–ಗೂಢ ಮತ್ತು ದುರವಗಾಹ. ಮತ್ತು ಈ ಉತ್ತರವು ಹಗ್ಗವೇನೆಂಬುದಕ್ಕೆ "ಹಗ್ಗವು ಹಗ್ಗ ಸ್ವಭಾವದ್ದು" ಎಂದು ಕೊಡುವ ವಿವರಣೆಯಂತೆಯೇ ಇರುವುದು.

ಈ ಕ್ಯಾಲೊರಿಕ್ ವಾದದ ಜೊತೆಗೆ, ಉಷ್ಣದ ಸ್ವಭಾವದ ವಿಚಾರವಾಗಿ ಮತ್ತೊಂದು ಅಭಿಪ್ರಾಯವು ಬಹುಕಾಲದವರೆಗೂ ಪ್ರಚಾರದಲ್ಲಿತ್ತು. 16-18ನೆಯ ಶತಮಾನಗಳ ಪ್ರಮುಖ ವಿಜ್ಞಾನಿಗಳಿಂದ ಅದು ಬಹಳ ಯುಕ್ತಿಯಾಗಿ ಸಮರ್ಥಿಸಲ್ಪಟ್ಟಿತು.

ಫ್ರಾನ್ಸಿಸ್ ಬೇಕನ್ನನು **'ನೋವಮ್ ಆರ್ಗಾನುಮ್'** ಎಂಬ ತನ್ನ ಪುಸ್ತಕದಲ್ಲಿ ಈ ರೀತಿ ಬರೆದಿದ್ದಾನೆ : "ಶಾಖವು ಸ್ವಭಾವತಃ ಚಲನೆಯೇ ಅಲ್ಲದೆ ಬೇರೆ ಅಲ್ಲ...ಉಷ್ಣವು ಒಂದು ಕಾಯದ ಅತಿ ಸೂಕ್ಷ್ಮ ಕಣಗಳ ಚಂಚಲ ಚಲನೆಯಿಂದ ಉಂಟಾಗುವುದು."

ರಾಬರ್ಟ್ ಹುಕ್ ಎಂಬಾತನು **"ಮೈಕ್ರೊಗ್ರಾಫಿಯ"** ಎಂಬ ತನ್ನ ಪುಸ್ತಕದಲ್ಲಿ ಸ್ಪಷ್ಟವಾಗಿ ಹೇಳಿದ್ದೇನೆಂದರೆ "ಉಷ್ಣತ್ವ ಒಂದು ಕಾಯದ ಭಾಗಗಳ ಅತ್ಯಧಿಕ ಚಲನೆ... ತನ್ನ ಕಣಗಳ ಚಲನೆ ಇಲ್ಲದ ಕಾಯವೇ ಇಲ್ಲ."

ಈ ವಿಧವಾದ ಬಹು ಸ್ಪಷ್ಟವಾದ ಹೇಳಿಕೆಗಳನ್ನು ಲೊಮೊನೊಸಾವ್ ಎಂಬುವನ **"ಶಾಖ ಮತ್ತು ಶೀತ ಇವುಗಳ ಕಾರಣದ ವಿಚಾರವಾದ ಆಲೋಚನೆಗಳು"** ಎಂಬ ಗ್ರಂಥದಲ್ಲಿ (1745) ನಾವು ಕಾಣುತ್ತೇವೆ. ಈ ಗ್ರಂಥದಲ್ಲಿ ಕ್ಯಾಲೊರಿಕ್ ಎಂಬ ದ್ರವ್ಯವಿರುವುದೆಂಬುದನ್ನು ನಿರಾಕರಿಸಿದೆ ಮತ್ತು ಅದರಲ್ಲಿ

"ಉಷ್ಣವು ದ್ರವ್ಯದ ಕಣಗಳ ಆಂತರಿಕ ಚಲನೆಯಿಂದ ಉಂಟಾಗುವುದು" ಎಂದು ಹೇಳಿದ.

18ನೆಯ ಶತಮಾನದ ಕೊನೆಯಲ್ಲಿ ಕೌಂಟ್ ವಾನ್ ರಮ್‌ಫೋರ್ಡ್ ಎಂಬಾತನು ಇದನ್ನು ಬಹಳ ಸುಸ್ಪಷ್ಟವಾಗಿ ವರ್ಣಿಸಿದನು : "ಕಾಯದಲ್ಲಿ ಅಡಕವಾದ ಕಣಗಳು ಹೆಚ್ಚು ತೀವ್ರತೆಯಿಂದ ಚಲಿಸಿದಷ್ಟೂ, ಕಾಯವು ಅಷ್ಟು ಹೆಚ್ಚು ಬಿಸಿಯಾಗುವುದು, –ಘಂಟೆಯು ಹೆಚ್ಚು ತೀವ್ರತೆಯಿಂದ ಕಂಪಿಸಿದಷ್ಟೂ ಹೆಚ್ಚು ಗಟ್ಟಿಯಾಗಿ ಶಬ್ದ ಮಾಡುವಂತೆ."

ಆಗಿನ ಕಾಲವನ್ನು ಬಹುಮಟ್ಟಿಗೆ ಅತಿಕ್ರಮಿಸಿದ ಈ ರೀತಿಯ ಅಸಾಧಾರಣ ಊಹೆಗಳಲ್ಲಿ ಉಷ್ಣದ ಸ್ವಭಾವದ ಬಗ್ಗೆ ಆಧುನಿಕ ಅಭಿಪ್ರಾಯಗಳ ಮೂಲಗಳು ಹುದುಗಿವೆ.

ಆಗಾಗ ನಿಶ್ಶಬ್ದವೂ, ಮೋಡಗಳಿಲ್ಲದವೂ ಆದ ದಿನಗಳಿರುತ್ತವೆ. ಮರಗಳ ಮೇಲಿನ ಎಲೆಗಳು ಅಲುಗದೆ ಇರುತ್ತವೆ, ನೀರಿನ ಕನ್ನಡಿಯಂತಹ ಮೇಲ್ಮೈಯನ್ನು ಒಂದು ಕಿರು ತೆರೆ ಕೂಡ ಕಲಕುವುದಿಲ್ಲ. ಸುತ್ತುಮುತ್ತಲಿನ ಸಮಗ್ರ ಪ್ರದೇಶವೆಲ್ಲಾ ಕಟ್ಟುನಿಟ್ಟಾದುದೂ ವಿಜಯಿಯೂ ಆದ ನಿಸ್ತಬ್ಧತೆಯಲ್ಲಿ ಘನೀಭವಿಸಿದೆ. ಆದರೆ ಪರಮಾಣುಗಳ ಮತ್ತು ಅಣುಗಳ ಪ್ರಪಂಚದಲ್ಲಿ ಏನು ನಡೆಯುತ್ತಿದೆ ?

ಈಗಿನ ಕಾಲದ ಭೌತ ವಿಜ್ಞಾನಿಗಳು ಇದರ ವಿಚಾರವಾಗಿ ಸಾಕಷ್ಟು ಹೇಳಬಲ್ಲರು. ಯಾವ ಸಂದರ್ಭದಲ್ಲಿಯೂ, ಪ್ರಪಂಚವು ರಚಿಸಲ್ಪಟ್ಟಿರುವ ಕಣಗಳ ಅಗೋಚರ ಚಲನೆಯು ನಿಲ್ಲುವುದೇ ಇಲ್ಲ.

ಆದರೆ ಈ ಚಲನೆಗಳನ್ನೆಲ್ಲಾ ನಾವು ಏಕೆ ನೋಡುವುದಿಲ್ಲ ? ಕಣಗಳು ಚಲಿಸುತ್ತವೆ. ಆದರೆ ಕಾಯವು ನಿಶ್ಚಲವಾಗಿದೆ. ಇದು ಹೇಗೆ ಸಾಧ್ಯ ?

ನೀವು ಯಾವಾಗಲಾದರೂ ಸೊಳ್ಳೆಗಳ ಹಿಂಡನ್ನು ಗಮನಿಸಿ ನೋಡಿದ್ದೀರೋ? ಗಾಳಿ ಇಲ್ಲದಾಗ ಹಿಂಡು ವಾಯುವಿನಲ್ಲಿ ತೂಗಿಹಾಕಿರುವಂತೆ ಕಾಣುತ್ತದೆ. ಆದರೆ ಹಿಂಡಿನ ಒಳಗೆ ತೀವ್ರವಾದ ಜೀವನವು ನಡೆಯುತ್ತಿದೆ. ನೂರಾರು ಹುಳುಗಳು ಬಲಗಡೆಗೆ ಹಾರಿಹೋದವು, ಆದರೆ ಅದೇ ಸಮಯದಲ್ಲಿ ಅಷ್ಟೇ ಹುಳುಗಳು

ಎಡಗಡೆಗೆ ಹಾರಿಹೋದವು. ಒಟ್ಟಿನಲ್ಲಿ ಹಿಂಡು ಒಂದೇ ಜಾಗದಲ್ಲಿ ಉಳಿಯಿತು ಮತ್ತು ಅದರ ಆಕಾರವು ಬದಲಾಗಲಿಲ್ಲ.

ಪರಮಾಣುಗಳ ಮತ್ತು ಅಣುಗಳ ಅಗೋಚರ ಚಲನೆಗಳು ಇದೇ ವಿಧದ ಅವ್ಯವಸ್ಥಿತವೂ, ನಿಯಮಬದ್ಧವಲ್ಲದುದೂ ಆದ ಸ್ವಭಾವದವು. ಒಂದು ಪ್ರದೇಶ ವನ್ನು ಕೆಲವು ಅಣುಗಳು ಬಿಟ್ಟು ಹೊರಗೆ ಹೋದರೆ, ಇತರ ಅಣುಗಳು ಅವುಗಳ ಸ್ಥಾನಕ್ಕೆ ಬರುವುವು. ಆದರೆ ಹೊಸದಾಗಿ ಬಂದ ಅಣುಗಳಿಗೂ ಹೊರಬಿದ್ದ ಅಣು ಗಳಿಗೂ ಸ್ವಲ್ಪವೂ ವ್ಯತ್ಯಾಸವಿಲ್ಲದಿರುವುದರಿಂದ, ಕಾಯುವು ಪೂರ್ತಿಯಾಗಿ ಮೊದಲಿ ನಂತೆಯೇ ಇರುತ್ತದೆ. ಕಣಗಳ ಅಕ್ರಮವೂ, ಅವ್ಯವಸ್ಥಿತವೂ ಆದ ಚಲನೆಯಿಂದ ದೃಗ್ಗೋಚರವಾಗಿರುವ ಪ್ರಪಂಚದ ಲಕ್ಷಣಗಳಲ್ಲಿ ಏನೂ ವ್ಯತ್ಯಾಸವಾಗುವುದಿಲ್ಲ.

ಆದರೆ ಓದುಗನು "ಇದೆಲ್ಲಾ ಬರೀ ಒಣ ಹರಟೆಯಲ್ಲವೆ?" ಎಂದು ಕೇಳ ಬಹುದು. ಈ ವಾದಗಳು ಎಷ್ಟೇ ಸುಂದರವಾಗಿದ್ದರೂ, ಕ್ಯಾಲೊರಿಕ್ ವಾದಕ್ಕಿಂತ ಯಾವ ವಿಧದಲ್ಲಿ ಹೆಚ್ಚು ಮನವೊಪ್ಪಿಸುವುವುಗಳಾಗಿವೆ? ದ್ರವ್ಯದಲ್ಲಿನ ಕಣಗಳ ನಿರಂತರವಾದ ತಾಪೀಯ ಚಲನೆಯನ್ನು ಯಾರಾದರೂ ಪ್ರತ್ಯಕ್ಷವಾಗಿ ನೋಡಿರು ತ್ತಾರೆಯೇ?

ಕಣಗಳ ತಾಪೀಯ ಚಲನೆಯನ್ನು ನೋಡಲು ಸಾಧ್ಯ—ಅದೂ ಬಹಳ ಸರಳ ರೀತಿಯ ಸೂಕ್ಷ್ಮದರ್ಶಕದ ಸಹಾಯದಿಂದಲೇ. ಈ ಸಂಭವವನ್ನು ಇಂಗ್ಲಿಷ್ ಸಸ್ಯವಿಜ್ಞಾನಿ ರಾಬರ್ಟ್ ಬ್ರೌನ್ (1773–1858) ಎಂಬಾತನು ನೂರು ವರ್ಷ ಗಳಿಗಿಂತ ಹಿಂದೆಯೇ ಗಮನಿಸಿದ್ದನು.

ಸೂಕ್ಷ್ಮದರ್ಶಕದ ಮೂಲಕ ಒಂದು ಗಿಡದ ಒಳಗಿನ ರಚನಾಕ್ರಮವನ್ನು ವೀಕ್ಷಿಸುವಾಗ, ಗಿಡದ ಜೀವರಸದಲ್ಲಿ ತೇಲುತ್ತಿದ್ದ ಸಣ್ಣ ದ್ರವ್ಯ ಕಣಗಳು ಎಲ್ಲಾ ದಿಕ್ಕುಗಳಲ್ಲಿಯೂ ಎಡಬಿಡದೆ ಚಲಿಸುತ್ತಿರುವುದನ್ನು ಕಂಡನು. ಸಸ್ಯವಿಜ್ಞಾನಿಗೆ ಇದರಲ್ಲಿ ಕುತೂಹಲವೇರ್ಪಟ್ಟಿತು: ಯಾವ ಬಲಗಳು ಈ ಕಣಗಳನ್ನು ಚಲಿಸು ವಂತೆ ಮಾಡುತ್ತವೆ? ಬಹುಶಃ ಅವುಗಳು ಯಾವುದೋ ಜಾತಿಯ ಜೀವಂತ ವ್ಯಕ್ತಿ ಗಳಿರಬಹುದು? ಆ ವಿಜ್ಞಾನಿಯು ಸೂಕ್ಷ್ಮದರ್ಶಕದ ಮೂಲಕ ಬಗ್ಗಡವಾದ ಹೂವಿನಲ್ಲಿನ ಮೊಗ್ಗಿನ ಸಣ್ಣ ಕಣಗಳನ್ನು ಪರೀಕ್ಷಿಸಲು ನಿಶ್ಚಯಿಸಿದನು. ಆದರೆ,

ನಿಸ್ಸಂದೇಹವಾಗಿ ನಿರ್ಜೀವದ ಈ ಕಣಗಳು ನಿಶ್ಚಲ ಸ್ಥಿತಿಯಲ್ಲಿರಲಿಲ್ಲ; ಅವುಗಳು ಎಡೆಬಿಡದೆ ಅವ್ಯವಸ್ಥಿತ ಚಲನೆಯಲ್ಲಿ ತೊಡಗಿದ್ದವು. ಕಣಗಳು ಸಣ್ಣವಾದಷ್ಟೂ ಅವು ಹೆಚ್ಚು ವೇಗದಿಂದ ಚಲಿಸುತ್ತಿದ್ದವು. ಆ ಸಸ್ಯವಿಜ್ಞಾನಿಯು ನೀರಿನ ಈ ಹನಿಯನ್ನು ಬಹಳ ಕಾಲದವರೆಗೆ ಪರೀಕ್ಷಿಸಿ ನೋಡಿದನು, ಆದರೆ ಕಣಗಳ ಚಲನೆಯು ನಿಲ್ಲುವುದು ಕಾಣಲೇ ಇಲ್ಲ. ಯಾವುದೋ ಅಗೋಚರವಾದ ಬಲಗಳು ಅವುಗಳನ್ನು ಬಿಡದೆ ದೂಡುತ್ತಿರುವಂತೆ ತೋರಿತು.

ಕಣಗಳ ಈ ಬ್ರೌನಿಯನ್ ಚಲನೆಯು ತಾಪೀಯ ಚಲನೆ ಮಾತ್ರ. ತಾಪೀಯ ಚಲನೆಯು ದೊಡ್ಡ ಮತ್ತು ಸಣ್ಣ ಕಣಗಳಲ್ಲಿಯೂ, ಅಣುಗಳ ಗುಂಪುಗಳಲ್ಲಿಯೂ, ಪ್ರತ್ಯೇಕ ಅಣುಗಳು ಮತ್ತು ಪರಮಾಣುಗಳಲ್ಲಿಯೂ ಅಂತರ್ಗತ ವಾಗಿರುವುದು.

## ಶಕ್ತಿಯು ಎಂದೆಂದಿಗೂ ರಕ್ಷಿಸಲ್ಪಡುತ್ತದೆ

ಹೀಗೆ, ವಿಶ್ವವು ಚಲಿಸುತ್ತಿರುವ ಪರಮಾಣುಗಳಿಂದ ರಚಿತವಾಗಿದೆ. ಪರಮಾಣುಗಳು ದ್ರವ್ಯಾಂಶವನ್ನು ಹೊಂದಿವೆ, ಚಲಿಸುತ್ತಿರುವ ಪರಮಾಣುಗಳು ಚಲನ ಶಕ್ತಿಯನ್ನು ಪಡೆದಿರುತ್ತವೆ. ಪರಮಾಣುವಿನ ದ್ರವ್ಯಾಂಶವು ಊಹಿಸಲಾಗ ದಷ್ಟು ಸಣ್ಣ ಪ್ರಮಾಣದ್ದೆಂಬುದೇನೋ ಸರಿ. ಆದ್ದರಿಂದ ಅದರ ಶಕ್ತಿ ಕೂಡ ಬಹಳ ಸಣ್ಣ ಪ್ರಮಾಣದ್ದಾಗಿರುವುದು. ಆದರೆ ಪರಮಾಣುಗಳು ಕೋಟ್ಯಾನುಕೋಟಿ ಸಂಖ್ಯೆಯಲ್ಲಿವೆ.

ಈಗ ನಾವು ಓದುಗರಿಗೆ ನೆನಪು ಮಾಡುವುದೇನೆಂದರೆ, ನಾವು ಶಕ್ತಿಯ ನಿತ್ಯತ್ವ ನಿಯಮದ ವಿಚಾರವಾಗಿ ಹೇಳಿದ್ದರೂ, ಅದು ಸಾಕಷ್ಟು ಸಾರ್ವತ್ರಿಕ ಪ್ರಭಾವದ ನಿಯಮವಲ್ಲ. ಸರಳರೇಖೀಯ ಮತ್ತು ಕೋನೀಯ ಆವೇಗಗಳ ನಿತ್ಯತ್ವವು ಪ್ರಯೋಗಗಳಿಂದ ಸಮರ್ಥಿಸಲ್ಪಟ್ಟಿತು. ಆದರೆ ಶಕ್ತಿಯ ನಿತ್ಯತ್ವದ ಸಮರ್ಥನೆಯು ಆದರ್ಶ ಸಂದರ್ಭಗಳಲ್ಲಿ. ಅಂದರೆ ಘರ್ಷಣೆ ಇಲ್ಲದಿದ್ದಾಗ ಮಾತ್ರ ಆಗುವುದು. ವಾಸ್ತವವಾಗಿ, ಶಕ್ತಿಯು ಯಾವಾಗಲೂ ಕಡಿಮೆಯಾಗುತ್ತಲೇ ಹೋಗುವುದು.

ಆದರೆ ನಾವು ಇದಕ್ಕೆ ಮೊದಲು ಪರಮಾಣುಗಳ ಶಕ್ತಿಯ ವಿಚಾರವಾಗಿ ಏನೂ ಹೇಳಲಿಲ್ಲ. ಇಲ್ಲಿ ಒಂದು ಸಹಜ ಭಾವವು ಮೂಡುತ್ತದೆ : ಮೊದಲ ನೋಟಕ್ಕೆ ಶಕ್ತಿಯು ಕಡಮೆಯಾದದ್ದನ್ನು ನಾವು ಗಮನಿಸಿದಾಗ, ನಮ್ಮ ದೃಷ್ಟಿಗೆ ಗೋಚರವಾಗದಂತೆ ಶಕ್ತಿಯ ಸ್ವಲ್ಪ ಭಾಗವು ಕಾಯದ ಪರಮಾಣುಗಳಿಗೆ ಸಾಗಿಸಲ್ಪಟ್ಟಿತು.

ಪರಮಾಣುಗಳು ಚಲನಶಾಸ್ತ್ರದ ನಿಯಮಗಳಿಗೆ ಬದ್ಧವಾದವು. ಅವುಗಳ ಚಲನ ನಿಯಮಗಳು ಸ್ವಲ್ಪ ವಿಚಿತ್ರ ರೀತಿಯವು ಎಂಬುದೇನೋ ನಿಜ (ಇದನ್ನು ನೀವು ಬೇರೆ ಪುಸ್ತಕದಿಂದ ಕಲಿಯಬೇಕು), ಆದರೂ ಇದು ಪರಿಸ್ಥಿತಿಯನ್ನೇನೂ ಬದಲಾಯಿಸುವುದಿಲ್ಲ–ಯಾಂತ್ರಿಕ ಶಕ್ತಿಯ ನಿತ್ಯತ್ವ ನಿಯಮದ ಸಂದರ್ಭದಲ್ಲಿ ಪರಮಾಣುಗಳಿಗೂ ದೊಡ್ಡ ಕಾಯಗಳಿಗೂ ಏನೂ ವ್ಯತ್ಯಾಸವಿಲ್ಲ.

ಇದರಿಂದಾಗಿ, ಕಾಯದ ಯಾಂತ್ರಿಕ ಶಕ್ತಿಯ ಜೊತೆಗೆ. ಈ ಕಾಯದ ಆಂತರಿಕ ಶಕ್ತಿ ಮತ್ತು ಪರಿಸರದ ಶಕ್ತಿ ಇವುಗಳನ್ನೂ ಗಣನೆಗೆ ತೆಗೆದುಕೊಂಡರೆ ಮಾತ್ರ ಶಕ್ತಿಯ ಸಂಪೂರ್ಣ ನಿತ್ಯತ್ವವನ್ನು ಕಾಣಬಹುದು. ಈ ಪರಿಸ್ಥಿತಿಯಲ್ಲಿ ಮಾತ್ರ ಆ ನಿಯಮವು ಸರ್ವವ್ಯಾಪಿಯಾಗಿರುವುದು.

ಒಂದು ಕಾಯದ ಒಟ್ಟು ಶಕ್ತಿಯು ಯಾವಯಾವುದರಿಂದ ಕೂಡಿರುತ್ತದೆ ? ಅದರ ಮೊದಲನೆಯ ಅಂಗವನ್ನು ಅದರ ಮುಖ್ಯಾಂಶಗಳಲ್ಲಿ ಮೊದಲೇ ಹೇಳಿದ್ದಾಗಿದೆ – ಅದು ಕಾಯದ ಎಲ್ಲಾ ಪರಮಾಣುಗಳ ಚಲನ ಶಕ್ತಿಗಳ ಮೊತ್ತ. ಆದರೆ ಪರಮಾಣುಗಳು ಪರಸ್ಪರ ಕ್ರಿಯೆಯುಳ್ಳವುಗಳಾಗಿರುವುವೆಂಬುದನ್ನು ಮರೆಯಲಾಗದು. ಆದ್ದರಿಂದ ಈ ಪರಸ್ಪರ ಕ್ರಿಯೆಯ ಸ್ಥಿತಿಜ ಶಕ್ತಿಯನ್ನೂ ಸೇರಿಸಬೇಕು. ಹೀಗಾಗಿ, ಕಾಯದ ಒಟ್ಟು ಶಕ್ತಿಯು ಅದರ ಕಣಗಳ ಚಲನ ಶಕ್ತಿಗಳು ಮತ್ತು ಅವುಗಳ ಪರಸ್ಪರ ಕ್ರಿಯೆಯ ಸ್ಥಿತಿಜ ಶಕ್ತಿಗಳ ಮೊತ್ತಕ್ಕೆ ಸಮನಾಗಿರುವುದು.

ಒಂದು ಕಾಯದ ಒಟ್ಟು ಶಕ್ತಿಯಲ್ಲಿ ಅದರ ಸಮಗ್ರ ಯಾಂತ್ರಿಕ ಶಕ್ತಿಯು ಒಂದು ಭಾಗ ಮಾತ್ರವೆಂಬುದನ್ನು ಮನಗಾಣುವುದು ಕಷ್ಟವೇನೂ ಅಲ್ಲ. ಏಕೆಂದರೆ ಕಾಯವು ನಿಶ್ಚಲವಾಗಿರುವಾಗ, ಅದರ ಅಣುಗಳು ಚಲಿಸುವುದನ್ನು ನಿಲ್ಲಿಸುವುದಿಲ್ಲ ಮತ್ತು ಅವುಗಳು ಪರಸ್ಪರ ವ್ಯಾಪಾರವನ್ನು ನಡೆಸುವುದನ್ನು ನಿಲ್ಲಿಸುವುದಿಲ್ಲ. ನಿಶ್ಚಲ

ವಾಗಿರುವ ಕಾಯದಲ್ಲಿ ಉಳಿಯುವ ಕಣಗಳ ತಾಪೀಯ ಚಲನೆಯ ಶಕ್ತಿಯೂ ಮತ್ತು ಕಣಗಳ ಪರಸ್ಪರ ಕ್ರಿಯೆಯ ಶಕ್ತಿಯೂ ಸೇರಿ ಕಾಯದ ಆಂತರಿಕ ಶಕ್ತಿಯಾಗುವುದು. ಆದ್ದರಿಂದ ಕಾಯದ ಒಟ್ಟು ಶಕ್ತಿಯು ಅದರ ಯಾಂತ್ರಿಕ ಮತ್ತು ಆಂತರಿಕ ಶಕ್ತಿಗಳ ಮೊತ್ತಕ್ಕೆ ಸಮವಾಗುವುದು.

ಕಾಯದ ಗುರುತ್ವಾಕರ್ಷಣೆಯ ಶಕ್ತಿಯು ಅದರ ಯಾಂತ್ರಿಕ ಶಕ್ತಿಯ ಒಂದು ಅಂಗ, ಅಂದರೆ ಅದರ ಕಣಗಳ ಮತ್ತು ಭೂಮಿಯ ಪರಸ್ಪರ ಕ್ರಿಯೆಯ ಸ್ಥಿತಿಜ ಶಕ್ತಿ.

ಆಂತರಿಕ ಶಕ್ತಿಯನ್ನು ಗಣನೆಗೆ ತೆಗೆದುಕೊಂಡರೆ, ಶಕ್ತಿಯು ಕಣ್ಮರೆಯಾಗುವುದು ಕಂಡುಬರುವುದಿಲ್ಲ. ಪ್ರಕೃತಿಯನ್ನು ಅದನ್ನು ಕೋಟಿಸಲಗಳಷ್ಟು ದೊಡ್ಡದು ಮಾಡಿ ತೋರಿಸುವಂತಹ ಯಂತ್ರಗಳ ಮೂಲಕ ವೀಕ್ಷಿಸಿದರೆ, ಚಿತ್ರವು ಅಸಾಧಾರಣ ರೀತಿಯಲ್ಲಿ ಸುಸಂಗತವಾಗಿರುವಂತೆ ಕಾಣುತ್ತದೆ. ಯಾಂತ್ರಿಕ ಶಕ್ತಿಯ ನಷ್ಟಗಳು ಯಾವುವೂ ಇರುವುದಿಲ್ಲ, ಕಾಯದ ಅಥವಾ ಅದರ ಪರಿಸರದ ಆಂತರಿಕ ಶಕ್ತಿಗೆ ಅದರ ಪರಿವರ್ತನೆ ಮಾತ್ರ ಇರುತ್ತದೆ. ಕ್ರಿಯಾಶಕ್ತಿಯು ಏನಾದರೂ ನಷ್ಟವಾಗಿದೆಯೋ ? ಇಲ್ಲ ! ಆ ಶಕ್ತಿಯು ಅಣುಗಳ ಪರಸ್ಪರ ಚಲನೆಯ ವೇಗೋತ್ಕರ್ಷಕ್ಕಾಗಲಿ ಅಥವಾ ಅವುಗಳ ಅನ್ಯೋನ್ಯ ಹಂಚಿಕೆಯಲ್ಲಿನ ಬದಲಾವಣೆಗಾಗಲಿ ಉಪಯೋಗವಾಯ್ತು.

ಅಣುಗಳು ಯಾಂತ್ರಿಕ ಶಕ್ತಿಯ ನಿತ್ಯತ್ವ ನಿಯಮವನ್ನು ಪಾಲಿಸುತ್ತವೆ. ಅಣು ಪ್ರಪಂಚದಲ್ಲಿ ಪ್ರತಿರೋಧ ಶಕ್ತಿಗಳಿರುವುದಿಲ್ಲ; ಅಣು ಪ್ರಪಂಚವು ಸ್ಥಿತಿಜ ಶಕ್ತಿಯಿಂದ ಚಲನ ಶಕ್ತಿಗೆ ಬದಲಾವಣೆ ಹಾಗೂ ಪೂರ್ವಸ್ಥಿತಿ, ಈ ರೀತಿ ನಿಯಂತ್ರಿಸಲ್ಪಡುತ್ತದೆ. ದೊಡ್ಡ ಕಾಯಗಳ ಅಣುಗಳನ್ನು ಗಮನಿಸದ ಸ್ಥೂಲ ಪ್ರಪಂಚದಲ್ಲಿ ಮಾತ್ರ "ಶಕ್ತಿಯು ಕಣ್ಮರೆಯಾಗುತ್ತದೆ."

ಯಾವುದಾದರೂ ಒಂದು ಘಟನೆಯಲ್ಲಿ ಯಾಂತ್ರಿಕ ಶಕ್ತಿಯು ಪೂರ್ತಿಯಾಗಿ ಅಥವಾ ಭಾಗ ಮಾತ್ರದಲ್ಲಿ ಕಣ್ಮರೆಯಾದರೆ, ಈ ಘಟನೆಯಲ್ಲಿ ಭಾಗವಹಿಸಿರುವ ಕಾಯಗಳ ಮತ್ತು ಮಧ್ಯವರ್ತಿಗಳ ಆಂತರಿಕ ಶಕ್ತಿಯು ಅಷ್ಟೇ ಪ್ರಮಾಣದಲ್ಲಿ ಹೆಚ್ಚುತ್ತದೆ. ಇದನ್ನು ಬೇರೆ ವಿಧವಾಗಿ ಹೇಳಬೇಕೆಂದರೆ, ಯಾಂತ್ರಿಕ ಶಕ್ತಿಯು ಯಾವ ವಿಧವಾದ ನಷ್ಟವೂ ಇಲ್ಲದೆ, ಅಣುಗಳ ಅಥವಾ ಪರಮಾಣುಗಳ ಶಕ್ತಿಯಾಗಿ ಪರಿವರ್ತಿತವಾಗುತ್ತದೆ.

ಶಕ್ತಿಯ ನಿತ್ಯತ್ವ ನಿಯಮವು ಭೌತವಿಜ್ಞಾನದ ಅತ್ಯಂತ ಕಟ್ಟುನಿಟ್ಟಾದ "ಲೆಕ್ಕದ ಗುಮಾಸ್ತೆ." ಯಾವುದೇ ಘಟನೆಯಲ್ಲಿಯಾದರೂ ಶಕ್ತಿಯ ಆದಾಯ ಮತ್ತು ವ್ಯಯವು ನಿಖರವಾಗಿ ಸಮತೂಗಬೇಕು. ಯಾವುದಾದರೂ ಪ್ರಯೋಗದಲ್ಲಿ ಇದು ಪಾಲಿಸಲ್ಪಡದಿದ್ದರೆ, ಯಾವುದೋ ಒಂದು ಮುಖ್ಯ ವಿಷಯವು ನಮ್ಮ ಗಮನಕ್ಕೆ ಬರದೆ ಇದ್ದಿತೆಂದು ತಿಳಿಯಬೇಕು. ಇಂತಹ ಪರಿಸ್ಥಿತಿಯಲ್ಲಿ ಶಕ್ತಿಯ ನಿತ್ಯತ್ವವು ಒಂದು ಸೂಚನೆಯನ್ನು ಕೊಡುತ್ತದೆ : ಸಂಶೋಧಕನೇ, ಪ್ರಯೋಗವನ್ನು ಪುನಃ ಮಾಡು, ನಿನ್ನ ಅಳತೆಗಳ ನಿಖರತೆಯ ಮಟ್ಟವನ್ನು ಹೆಚ್ಚಿಸು, ನಷ್ಟಕ್ಕೆ ಕಾರಣವನ್ನು ಹುಡುಕು ! ಈ ಪ್ರಕಾರವಾಗಿ ಭೌತವಿಜ್ಞಾನಿಗಳು ಪುನಃ ಪುನಃ ಹೊಸದಾದ ಮತ್ತು ಮುಖ್ಯವಾದ ವಿಷಯಗಳನ್ನು ಕಂಡುಹಿಡಿದಿದ್ದಾರೆ, ಮತ್ತು ಇದರಿಂದ ಈ ಅಸಾಧಾರಣ ನಿಯಮದ ಅತ್ಯಂತ ಕಟ್ಟುನಿಟ್ಟಾದ ಸಪ್ರಮಾಣತೆಯನ್ನು ಬಾರಿಬಾರಿಗೂ ಮನಗಂಡಿದ್ದಾರೆ.

## ಕ್ಯಾಲೊರಿ

ಶಕ್ತಿಯ ಎರಡು ಏಕಮಾನಗಳು ಈಗಾಗಲೆ ನಮಗೆ ದೊರೆತಿವೆ–ಅರ್ಗ ಮತ್ತು ಕಿಲೋಗ್ರಾಂ-ಬಲ-ಮೀಟರ್. ಇದು ಸಾಕೆಂದು ತೋರುವುದು. ಆದರೂ ಉಷ್ಣದ ವಿದ್ಯಮಾನಗಳ ಶೋಧನೆಯಲ್ಲಿ "**ಕ್ಯಾಲೊರಿ**" ಎಂಬ ಮೂರನೆಯ ಏಕಮಾನವನ್ನು ಬಳಸುವುದು ರೂಢಿಯಾಗಿರುವುದು.

ಕ್ಯಾಲೊರಿಯನ್ನು ಸೇರಿಸಿಯೂ ಶಕ್ತಿಗಳ ನಿರ್ದೇಶಕ್ಕಾಗಿ ಬಳಸಿರುವ ಏಕಮಾನಗಳ ಪಟ್ಟಿಯು ಪೂರ್ತಿಯಾಗಿಲ್ಲವೆಂಬುದನ್ನು ಮುಂದೆ ನಾವು ತಿಳಿಯುತ್ತೇವೆ.

ಪ್ರತಿಯೊಂದು ನಿರ್ದಿಷ್ಟ ಸಂದರ್ಭದಲ್ಲಿಯೂ "ಅದರದೇ ಆದ" ಶಕ್ತಿಯ ಏಕಮಾನವನ್ನು ಉಪಯೋಗಿಸುವುದು ಅನುಕೂಲಕರವಾಗಿಯೂ ಮತ್ತು ಸಮಯೋಚಿತವಾಗಿಯೂ ಇರಬಹುದು. ಆದರೆ, ಶಕ್ತಿಯು ಒಂದು ರೂಪದಿಂದ ಮತ್ತೊಂದು ರೂಪಕ್ಕೆ ಮಾರ್ಪಡುವ ಯಾವುದೇ ಸ್ವಲ್ಪವಾದರೂ ತೊಡಕಿನ ವೃತ್ತಾಂತದಲ್ಲೂ ಏಕಮಾನಗಳ ಗೊಂದಲವು ಅನಾನುಕೂಲಗಳನ್ನು ಉಂಟುಮಾಡುತ್ತದೆ.

ಗಣನೆಗಳನ್ನು ಸುಲಭಗೊಳಿಸುವುದಕ್ಕಾಗಿ, SI ಏಕಮಾನ ಪದ್ಧತಿಯು ಕ್ರಮಾ

ಶಕ್ತಿ, ಶಕ್ತಿ ಮತ್ತು ಉಷ್ಣದ ಮೊತ್ತ ಇವುಗಳಿಗೆಲ್ಲಾ ಒಂದೇ ಏಕಮಾನವನ್ನು ನಿರ್ದೇಶಿಸಿದೆ–ಒಂದು ಜೂಲ್. ಆದಾಗ್ಯೂ, ರೂಢಿಯ ಮಹತ್ವವನ್ನೂ ಮತ್ತು ಈ ಪದ್ಧತಿಯು ಸಾಮಾನ್ಯ ಬಳಕೆಯ ಏಕಮಾತ್ರ ಪದ್ಧತಿಯಾಗುವುದಕ್ಕೆ ಹಿಡಿಯುವ ಕಾಲದ ಅಂತರವನ್ನೂ ಗಮನಿಸಿದರೆ, "ಹೋಗಲಿರುವ" ಉಷ್ಣದ ಏಕಮಾನವಾದ ಕ್ಯಾಲೊರಿಯನ್ನು ನಾವು ಸ್ವಲ್ಪ ಹೆಚ್ಚು ಪರಿಚಯ ಮಾಡಿಕೊಳ್ಳುವುದು ಸಹಾಯಕರ ವಾಗುವುದು.

**"ಸಣ್ಣ ಕ್ಯಾಲೊರಿ"** (Cal) ಎಂಬುದು ಒಂದು ಗ್ರಾಂ ನೀರಿನ ಉಷ್ಣಾಂಶ ವನ್ನು 14.5°C ಯಿಂದ 15.5°Cಗೆ ಏರಿಸುವುದಕ್ಕೆ ಬೇಕಾಗುವ ಉಷ್ಣದ ಮೊತ್ತ. "ಸಣ್ಣ" ಎಂಬ ಪದವನ್ನು ಸೇರಿಸಲೇಬೇಕು, ಏಕೆಂದರೆ, ಕೆಲವು ಸಮಯಗಳಲ್ಲಿ **"ದೊಡ್ಡ ಕ್ಯಾಲೊರಿ"**ಯು ಉಪಯೋಗಿಸಲ್ಪಡುವುದು, ಇದು ಮೇಲೆ ನಿರ್ದೇಶಿಸಿದ ಏಕಮಾನಕ್ಕೆ ಒಂದು ಸಾವಿರದಷ್ಟು ದೊಡ್ಡದಾಗಿರುವುದು. (ಈ **ದೊಡ್ಡ ಕ್ಯಾಲೊರಿ**ಯನ್ನು kcal ಎಂದು ನಿರ್ದೇಶಿಸಲಾಗುವುದು ಇದಕ್ಕೆ "ಕಿಲೋಕ್ಯಾಲೊರಿ" ಎಂದು ಅರ್ಥ.

ಒಂದು ಕ್ಯಾಲೊರಿಗೂ ಮತ್ತು ಕ್ರಿಯಾಶಕ್ತಿಯ ಯಾಂತ್ರಿಕ ಏಕಮಾನಗಳಾದ ಎರ್ಗ್ ಅಥವಾ ಕಿಲೋಗ್ರಾಂ-ಬಲ-ಮೀಟರ್ ಇವುಗಳಿಗೂ ಇರುವ ಸಂಬಂಧವನ್ನು ನೀರನ್ನು ಯಾಂತ್ರಿಕ ಕಾರ್ಯದಿಂದ ಕಾಯಿಸುವುದರಿಂದ ಕಂಡುಹಿಡಿಯಬಹುದು. ಇಂತಹ ಪ್ರಯೋಗಗಳನ್ನು ಮತ್ತೆ ಮತ್ತೆ ಮಾಡಲಾಗಿದೆ. ಉದಾಹರಣೆಗೆ, ನೀರನ್ನು ಜೋರಾಗಿ ಕಲಕುವುದರಿಂದ ಅದರ ಉಷ್ಣಾಂಶವನ್ನು ಹೆಚ್ಚಿಸಬಹುದು. ಹೀಗೆ ಬಿಸಿ ಮಾಡಲು ವ್ಯಯವಾಗುವ ಯಾಂತ್ರಿಕ ಕ್ರಿಯಾಶಕ್ತಿಯನ್ನು ಸಾಕಷ್ಟು ನಿಖರತೆಯಿಂದ ಗೊತ್ತುಮಾಡಬಹುದು. ಇಂತಹ ಅಳತೆಗಳಿಂದ

1 cal = 0·427 ಕಿ.ಗ್ರಾಂ.ಬ-ಮೀ = 4.18 J

ಎಂದು ನಿಷ್ಕರ್ಷಿಸಲಾಯಿತು.

ಶಕ್ತಿ ಮತ್ತು ಕ್ರಿಯಾಶಕ್ತಿ ಇವೆರಡಕ್ಕೂ ಸಾಮಾನ್ಯವಾದ ಏಕಮಾನಗಳಿರುವುದ ರಿಂದ, ಕ್ರಿಯಾಶಕ್ತಿಯನ್ನು ಕ್ಯಾಲೊರಿಗಳಲ್ಲೂ ಅಳತೆ ಮಾಡಬಹುದು. ಒಂದು ಕಿಲೋಗ್ರಾಂ ಭಾರವನ್ನು ಒಂದು ಮೀಟರಿನಷ್ಟು ಮೇಲಕ್ಕೆ ಎತ್ತುವುದಕ್ಕೆ 2.35

ಕ್ಯಾಲೊರಿಗಳನ್ನು ವ್ಯಯಮಾಡಬೇಕಾಗುತ್ತದೆ. ಇದು ಅಸಾಮಾನ್ಯವಾಗಿ ಕಾಣುತ್ತದೆ ಮತ್ತು ಭಾರವನ್ನು ಮೇಲಕ್ಕೆ ಎತ್ತುವುದನ್ನು ನೀರು ಕಾಯಿಸುವುದಕ್ಕೆ ಹೋಲಿಸುವುದು ನಿಜವಾಗಿಯೂ ಅನುಕೂಲವಲ್ಲದ ಪ್ರಯತ್ನ. ಆದ್ದರಿಂದ ಚಲನ ಶಾಸ್ತ್ರದಲ್ಲಿ ಕ್ಯಾಲೊರಿಗಳನ್ನು ಉಪಯೋಗಿಸುವುದಿಲ್ಲ.

## ಒಂದಷ್ಟು ಚರಿತ್ರೆ

ಉಷ್ಣದ ಯಾಂತ್ರಿಕ ಸ್ವಭಾವದ ಭಾವನೆಯು ಸಾಕಷ್ಟು ಸ್ಪಷ್ಟಪಟ್ಟಮೇಲೆಯೇ ಮತ್ತು ಉಷ್ಣ ಮತ್ತು ಕ್ರಿಯಾಶಕ್ತಿ ಇವುಗಳ ಸಮತ್ವದ ಮುಖ್ಯ ಪ್ರಶ್ನೆಯನ್ನು ಯಂತ್ರಕಲಾಶಾಸ್ತ್ರವು ಒಡ್ಡಿದಾಗ ಮಾತ್ರ ಶಕ್ತಿಯ ನಿತ್ಯತ್ವ ನಿಯಮವನ್ನು ಸೂತ್ರೀಕರಿಸಲು ಸಾಧ್ಯವಾಯ್ತು.

ಉಷ್ಣ ಮತ್ತು ಕ್ರಿಯಾಶಕ್ತಿ ಇವುಗಳ ಸಂಬಂಧವನ್ನು ಸ್ಥಾಪಿಸುವ ಮೊಟ್ಟಮೊದಲಿನ ಪ್ರಯೋಗವನ್ನು ಪ್ರಸಿದ್ಧ ಭೌತವಿಜ್ಞಾನಿ ಸರ್ ಬೆಂಜಮಿನ್ ಥಾಮ್ಸನ್ (ಕೌಂಟ್ ವಾನ್ ರಮ್‌ಫೋರ್ಡ್) (1753–1814) ಎಂಬಾತನು ನಡೆಸಿದನು. ಆತನು ಫಿರಂಗಿಗಳನ್ನು ತಯಾರಿಸುವ ಕಾರ್ಖಾನೆಯಲ್ಲಿ ಕೆಲಸ ಮಾಡುತ್ತಿದ್ದನು. ಬಂದೂಕಿನ ಬಾಯಿಯನ್ನು ಕೊರೆಯುವಾಗ ಉಷ್ಣವು ಬಿಡುಗಡೆಯಾಗುವುದು. ಇದನ್ನು ಹೇಗೆ ಅಂದಾಜು ಮಾಡುವುದು ? ಉಷ್ಣದ ಮಾನವಾಗಿ ಏನನ್ನು ಇಟ್ಟುಕೊಳ್ಳಬೇಕು ? ಬಾಯಿಯನ್ನು ಕೊರೆಯುವಾಗ ಮಾಡಿದ ಕ್ರಿಯಾಶಕ್ತಿಗೂ, ನಿರ್ದಿಷ್ಟ ಮೊತ್ತದ ನೀರನ್ನು ಒಂದು ಅಥವಾ ಹಲವು ಡಿಗ್ರಿಗಳಷ್ಟು ಕಾಯಿಸುವುದಕ್ಕೂ ಸಂಬಂಧ ಕಲ್ಪಿಸಬಹುದೆಂದು ರಮ್‌ಫೋರ್ಡಿಗೆ ಹೊಳೆಯಿತು. ಪ್ರಾಯಶಃ ಈ ಶೋಧನೆಯು ಉಷ್ಣ ಮತ್ತು ಕ್ರಿಯಾಶಕ್ತಿ ಇವುಗಳು ಪರಸ್ಪರ ಸಾಮಾನ್ಯವಾದ ಮಾನವುಳ್ಳದ್ದಾಗಿರಬೇಕೆಂಬ ಭಾವನೆಯ ಮೊಟ್ಟಮೊದಲನೆಯ ಖಚಿತವಾದ ನಿರೂಪಣೆಯಾಗಿದ್ದಿತು.

ಶಕ್ತಿಯ ನಿತ್ಯತ್ವ ನಿಯಮವನ್ನು ಕಂಡುಹಿಡಿಯುವುದರಲ್ಲಿ ಮುಂದಿನ ಹೆಜ್ಜೆಯೆಂದರೆ ಒಂದು ಮುಖ್ಯವಾದ ಸಂಗತಿಯನ್ನು ಸ್ಥಿರಪಡಿಸುವುದು : ಕ್ರಿಯಾಶಕ್ತಿಯು ಉತ್ಪನ್ನವಾದಾಗ ಅದಕ್ಕೆ ಪ್ರಮಾಣಾನುಗುಣವಾದ ಉಷ್ಣದ ಮೊತ್ತ

ದಾಟಿಸಿಕೊಳ್ಳುತ್ತದೆ. ಹೀಗೆ ಉಷ್ಣ ಮತ್ತು ಕ್ರಿಯಾಶಕ್ತಿಗೆ ಸಾಮಾನ್ಯವಾದ ಒಂದು ಅಳತೆಯನ್ನು ಗೊತ್ತುಮಾಡಲಾಯಿತು.

ಉಷ್ಣದ ಯಾಂತ್ರಿಕ ತುಲ್ಯಾಂಕದ ಮೊದಲನೆಯ ನಿರ್ದೇಶವನ್ನು ಫ್ರೆಂಚ್ ಭೌತವಿಜ್ಞಾನಿ ಸಾದಿ ಕಾರ್ನೊ (1796–1832) ಎಂಬಾತನು ಕೊಟ್ಟನು. ಈ ಪ್ರಮುಖ ವ್ಯಕ್ತಿಯು 1832ರಲ್ಲಿ ತನ್ನ 36ನೆಯ ವಯಸ್ಸಿನಲ್ಲಿ ನಿಧನವಾದನು ಮತ್ತು ಅಲ್ಲಿಂದ 50 ವರ್ಷಗಳ ನಂತರ ಪ್ರಕಟಿಸಲ್ಪಟ್ಟ ಒಂದು ಕೈಬರಹದ ಪುಸ್ತಕವನ್ನು ಬಿಟ್ಟು ಹೋದನು. ಕಾರ್ನೊವಿನ ಸಂಶೋಧನೆಯು ಅಜ್ಞಾತವಾಗಿಯೇ ಉಳಿಯಿತು ಮತ್ತು ವಿಜ್ಞಾನದ ಬೆಳವಣಿಗೆಯ ಮೇಲೆ ಏನೂ ಪರಿಣಾಮ ಬೀರಲಿಲ್ಲ. ಈ ಕೃತಿಯಲ್ಲಿ 1 (ಮೀ)$^3$ ಅಷ್ಟು ನೀರನ್ನು ಒಂದು ಮೀಟರ್‌ಅಷ್ಟು ಮೇಲಕ್ಕೆ ಎತ್ತುವುದಕ್ಕೆ 1 ಕಿ.ಗ್ರಾಂ. ನೀರನ್ನು 2.7 ಡಿಗ್ರಿಗಳಷ್ಟು (ಸರಿಯಾದ ಸಂಖ್ಯೆಯು 2.3 ಡಿಗ್ರಿಗಳು) ಕಾಯಿಸುವುದಕ್ಕೆ ಬೇಕಾಗುವ ಶಕ್ತಿಯಷ್ಟೇ ಬೇಕಾಗುವುದೆಂದು ಗಣನೆಮಾಡಿ ತೋರಿಸಿದನು.

ಹೈಲ್‌ಬ್ರಾನ್ ಡಾಕ್ಟರ್ ಜೂಲಿಯಸ್ ರಾಬರ್ಟ್ ವಾನ್ ಮೇಯರ್ (1814–1878) ಎಂಬಾತನು ತನ್ನ ಮೊದಲನೆಯ ಕೃತಿಯನ್ನು 1842ರಲ್ಲಿ ಪ್ರಕಟಿಸಿದನು. ನಮಗೆ ಪರಿಚಿತವಾಗಿರುವ ಭೌತ ಭಾವನೆಗಳನ್ನು ಮೇಯರನು ಬೇರೆ ಬೇರೆ ಹೆಸರುಗಳಿಂದ ಕರೆದಿದ್ದರೂ, ಆತನ ಕೃತಿಯನ್ನು ಎಚ್ಚರಿಕೆಯಿಂದ ಓದಿದರೆ ಶಕ್ತಿಯ ನಿತ್ಯತ್ವ ನಿಯಮದ ಮುಖ್ಯಾಂಶಗಳನ್ನು ಅದರಲ್ಲಿ ನಿರೂಪಿಸಿರುವುದು ವ್ಯಕ್ತವಾಗುವುದು. ಮೇಯರನು ಆಂತರಿಕ ಶಕ್ತಿ ("ತಾಪೀಯ ಶಕ್ತಿ"), ಗುರುತ್ವಾಕರ್ಷಣೆಯ ಸ್ಥಿತಿಜ ಶಕ್ತಿ ಮತ್ತು ಒಂದು ಕಾಯದ ಚಲನೆಯ ಶಕ್ತಿ ಇವುಗಳನ್ನು ಬೇರೆ ಬೇರೆಯಾಗಿ ಪರಿಗಣಿಸಿದನು. ಶುದ್ಧ ತಾತ್ವಿಕ ವಿಚಾರಣೆಗಳ ಮೂಲಕ ಬೇರೆ ಬೇರೆ ಪರಿವರ್ತನೆಗಳಲ್ಲಿ ಶಕ್ತಿಯ ನಿತ್ಯತ್ವದ ಅವಶ್ಯಕತೆಯನ್ನು ತೋರಿಸಲು ಪ್ರಯತ್ನ ಪಡಿದನು. ಈ ಪ್ರತಿಪಾದನೆಯನ್ನು ಪ್ರಯೋಗಗಳೊಡನೆ ತಾಳೆ ನೋಡಲು, ಈ ಶಕ್ತಿಗಳನ್ನು ಅಳತೆಮಾಡುವುದಕ್ಕೆ ಒಂದು ಸಾಮಾನ್ಯವಾದ ಮಾನವು ಬೇಕಾಗುತ್ತದೆ. 1 ಕಿ.ಗ್ರಾಂ. ನೀರನ್ನು 1 ಡಿಗ್ರಿಯಷ್ಟು ಬಿಸಿಮಾಡುವುದು

1 ಕ್ರಿ.ಗ್ರಾಂ.ಅನ್ನು 365 ಮೀ. ಎತ್ತರಕ್ಕೆ ಎತ್ತುವುದಕ್ಕೆ ಸಮವಾಗಿರುವುದೆಂದು ಮೇಯರನು ಗುಣಿಸಿ ತೋರಿಸಿದನು.

ಇದಾದ ಮೂರು ವರ್ಷಗಳ ನಂತರ ಪ್ರಕಟವಾದ ಅವನ ಎರಡನೆಯ ಕೃತಿಯಲ್ಲಿ ಮೇಯರನು ಶಕ್ತಿಯ ನಿತ್ಯತ್ವ ನಿಯಮದ ವಿಶ್ವ ವ್ಯಾಪ್ತಿಯನ್ನು – ಅದನ್ನು ರಸಾಯನ ವಿಜ್ಞಾನ, ಜೀವ ವಿಜ್ಞಾನ ಮತ್ತು ವಿಶ್ವದ ಸಂಭವಗಳ ಪ್ರಶ್ನೆಗಳಿಗೆ ಅನ್ವಯಿಸುವ ಸಾಧ್ಯತೆಯನ್ನು– ಗಮನಿಸಿದನು. ಶಕ್ತಿಯ ಪರಿಚಿತವಾಗಿದ್ದ ರೂಪಗಳಿಗೆ ಮೇಯರನು ಕಾಂತೀಯ, ವಿದ್ಯುತ್ ಮತ್ತು ರಾಸಾಯನಿಕ ರೂಪಗಳನ್ನು ಸೇರಿಸಿದನು.

ಶಕ್ತಿಯ ನಿತ್ಯತ್ವ ನಿಯಮವನ್ನು ಕಂಡುಹಿಡಿದುದರ ಕೀರ್ತಿಯ ಹೆಚ್ಚು ಭಾಗವು ಮೇಯರ್‌ನಿಂದ ಸ್ವತಂತ್ರವಾಗಿ ಶ್ರಮಿಸುತ್ತಿದ್ದ ಗಣ್ಯ ಇಂಗ್ಲಿಷ್ ಭೌತ ವಿಜ್ಞಾನಿ (ಇಂಗ್ಲೆಂಡಿನ ಸಾಲ್‌ಫೋರ್ಡಿನ ಒಬ್ಬ ಸಾರಾಯಿ ತಯಾರಕ) ಜೇಮ್ಸ್ ಪ್ರೆಸ್ಕಾಟ್ ಜೂಲ್ ಎಂಬಾತನಿಗೆ ಸಲ್ಲುವುದು.

ಒಂದು ಅನಿಶ್ಚಿತ ತತ್ವವಾದದ ಕಡೆಗೆ ಓಲುವುದು ಮೇಯರ್‌ನ ಮುಖ್ಯ ವೈಲಕ್ಷಣ್ಯವಾಗಿದ್ದರೆ, ಜೂಲ್‌ನ ಮೂಲಭೂತ ವೈಶಿಷ್ಟ್ಯವು ಪರಿಶೀಲನೆಯಲ್ಲಿನ ಸಂಭವಗಳನ್ನು ಪ್ರಯೋಗಗಳ ಮೂಲಕವಾಗಿಯೇ ವಿಮರ್ಶಿಸುವುದಾಗಿತ್ತು. ಜೂಲ್ ಪ್ರಕೃತಿಗೆ ಒಂದು ಸವಾಲನ್ನಿಟ್ಟನು ಮತ್ತು ಅದಕ್ಕೆ ಉತ್ತರವನ್ನು ವಿಶಿಷ್ಟ ಪ್ರಯೋಗಗಳನ್ನು ಬಹು ಶ್ರದ್ಧೆ ಮತ್ತು ಜಾಗರೂಕತೆಯಿಂದ ನಡೆಸಿ ಕಂಡುಕೊಂಡನು. ಜೂಲ್ ನೆರವೇರಿಸಿದ ಪ್ರಯೋಗಗಳ ಪೂರ್ಣ ಪರಂಪರೆಯಲ್ಲಿ, ಆತನಿಗೆ ಮಾರ್ಗದರ್ಶಕವಾಗಿದ್ದ ಏಕಮಾತ್ರ ಭಾವನೆಯೆಂದರೆ– ತಾಪೀಯ ರಾಸಾಯನಿಕ, ವಿದ್ಯುತ್ತಿನ ಮತ್ತು ಯಾಂತ್ರಿಕ ಕ್ರಿಯೆಗಳ ಅಳತೆಗೆಲ್ಲಾ ಒಂದು ಸಾಮಾನ್ಯ ಮಾನವನ್ನು ಕಂಡುಹಿಡಿದು, ಈ ವಿದ್ಯಮಾನಗಳೆಲ್ಲವರಲ್ಲೂ ಶಕ್ತಿಯು ನಷ್ಟವಾಗದೆ ಉಳಿಯುವುದೆಂದು ಸಾಧಿಸುವುದೇ ಆಗಿತ್ತೆಂಬುದರಲ್ಲಿ ಏನೂ ಸಂಶಯವಿಲ್ಲ. ಈ ಭಾವನೆಯನ್ನು ಜೂಲ್ ನಿರೂಪಿಸಿದ ಬಗೆ ಹೀಗಿತ್ತು : "ಪ್ರಕೃತಿಯಲ್ಲಿ ಕಾರ್ಯವನ್ನು ಮಾಡುವ ಬಲಗಳ ನಾಶವು ಅವಕ್ಕೆ ಅನುಗುಣವಾದ ಕ್ರಿಯೆ ಇಲ್ಲದೆ ಸಂಭವಿಸುವುದೇ ಇಲ್ಲ."

ತನ್ನ ಮೊಟ್ಟಮೊದಲನೆಯ ಸಂಶೋಧನೆಯ ವಿಚಾರವಾಗಿ ಜೂಲ್ 1843ರ ಜನವರಿ 24ರಂದು ವರದಿ ಮಾಡಿದನು ಮತ್ತು ಅದೇ ವರ್ಷದ ಆಗಸ್ಟ್ 21ರಂದು ಉಷ್ಣ ಮತ್ತು ಕ್ರಿಯಾಶಕ್ತಿ ಇವುಗಳೆರಡಕ್ಕೂ ಸಾಮಾನ್ಯವಾದ ಒಂದು ಮಾನವನ್ನು ಸ್ಥಾಪಿಸುವ ಅವನ ಶೋಧನೆಯ ಫಲಗಳನ್ನು ತಿಳಿಯಪಡಿಸಿದನು. 1 ಕಿ.ಗ್ರಾಂ. ನೀರನ್ನು ಒಂದು ಡಿಗ್ರಿಯಷ್ಟು ಬಿಸಿಮಾಡುವುದು 1 ಕಿ.ಗ್ರಾಂ.ಭಾರವನ್ನು 460 ಮೀ. ಗಳಷ್ಟು ಎತ್ತರಕ್ಕೆ ಎತ್ತುವುದಕ್ಕೆ ಸಮವೆಂದು ಕಂಡುಬಂದಿತು.

ಇದಾದ ಮುಂದಿನ ವರ್ಷಗಳಲ್ಲಿ ಜೂಲ್ ಮತ್ತು ಇತರ ಸಂಶೋಧಕರು ಉಷ್ಣದ ಈ ತುಲ್ಯಮಾನಕ್ಕೆ ಇನ್ನೂ ಹೆಚ್ಚು ನಿಖರವಾದ ಮೌಲ್ಯವನ್ನು ಕಂಡು ಹಿಡಿಯುವುದಕ್ಕಾಗಿ ವಿಶೇಷವಾಗಿ ದುಡಿದರು. ಮತ್ತು ಈ ತುಲ್ಯಮಾನದ ಪೂರ್ಣ ವಿಶ್ವವ್ಯಾಪಕತೆಯನ್ನು ಸಮರ್ಥಿಸುವುದಕ್ಕೆ ಪ್ರಯತ್ನಿಸಿದರು. ಆ ಶತಮಾನದ 40–49ರ ಅಂತರದ ಕೊನೆಯ ಭಾಗದಲ್ಲಿ ಸ್ಪಷ್ಟಪಟ್ಟಿದ್ದೇನೆಂದರೆ : ಕ್ರಿಯಾಶಕ್ತಿಯು ಉಷ್ಣರೂಪಕ್ಕೆ ಮಾರ್ಪಡುವುದು ಯಾವ ರೀತಿಯಿಂದಾಗಿದ್ದರೂ, ಉಂಟಾಗುವ ಉಷ್ಣದ ಮೌಲ್ಯವು ವ್ಯಯಮಾಡಲ್ಪಟ್ಟ ಕ್ರಿಯಾಶಕ್ತಿಯ ಮೌಲ್ಯಕ್ಕೆ ಪ್ರಮಾಣಾನು ಗುಣವಾಗಿರುವುದು ಎಂದು. ಶಕ್ತಿಯ ನಿತ್ಯತ್ವ ನಿಯಮಕ್ಕೆ ಪ್ರಾಯೋಗಿಕ ಆಧಾರ ವನ್ನು ಜೂಲ್ ಸ್ಥಾಪಿಸಿದರೂ, ತನ್ನ ಕೃತಿಗಳಲ್ಲಿ ಈ ನಿಯಮದ ಸ್ಪಷ್ಟ ನಿರೂಪಣೆ ಯನ್ನು ಅವನು ಕೊಡಲಿಲ್ಲ.

ಈ ನಿರೂಪಣೆಯ ಖ್ಯಾತಿಯು ಜರ್ಮನ್ ಭೌತವಿಜ್ಞಾನಿ ಹರ್ಮನ್ ಹೆಲ್ಮ್ ಹೋಲ್ಟ್ಸ್ ಎಂಬಾತನಿಗೆ ಸಲ್ಲುವುದು. 1847ರ ಜುಲೈ 27ರಂದು, ಬರ್ಲಿನ್ನಿನ ಭೌತ ಸಂಘದ ಸಭೆಯಲ್ಲಿ ಹೆಲ್ಮ್‌ಹೋಲ್ಟ್ಸನು ಶಕ್ತಿಯ ನಿತ್ಯತ್ವದ ವಿಷಯವಾಗಿ ಒಂದು ಭಾಷಣ ಮಾಡಿದನು. ಈ ಭಾಷಣದಲ್ಲಿ ಶಕ್ತಿಯ ನಿತ್ಯತ್ವ ನಿಯಮದ ಯಾಂತ್ರಿಕ ಆಧಾರವನ್ನು ಮೊಟ್ಟಮೊದಲಿಗೆ ಸ್ಪಷ್ಟವಾಗಿ ನಿರೂಪಿಸಲಾಯ್ತು. ವಿಶ್ವವು ಪರಮಾಣುಗಳಿಂದ ರಚಿತವಾಗಿದೆ; ಪರಮಾಣುಗಳು ಸ್ಥಿತಿಜ ಮತ್ತು ಚಲನೆಯ ಶಕ್ತಿಗಳನ್ನು ಪಡೆದಿರುತ್ತವೆ. ಒಂದು ಕಾಯವು ಅಥವಾ ಕಾಯಗಳ ಸಮೂಹವು ಬಾಹ್ಯ ಪ್ರಭಾವಗಳಿಗೆ ಒಳಗಾಗಿಲ್ಲದಿದ್ದರೆ, ಕಾಯ ಅಥವಾ ಸಮೂಹವು ರಚಿಸ ಲ್ಪಟ್ಟಿರುವ ಕಣಗಳ ಸ್ಥಿತಿಜ ಮತ್ತು ಚಲನ ಶಕ್ತಿಗಳ ಮೊತ್ತವು ಬದಲಾಗುವುದಿಲ್ಲ.



ಹರ್ಮನ್ ಹೆಲ್ಮ್‌ಹೋಲ್ಟ್ಸ್ (1821-1894) ಒಬ್ಬ ಪ್ರಸಿದ್ಧ ಜರ್ಮನ್ ವಿಜ್ಞಾನಿ. [illegible]
[illegible] ಸಂಶೋಧನೆಗಳಲ್ಲಿ ಯಶಸ್ವಿಯಾಗಿ [illegible]
[illegible] (1847) [illegible] →

ಹಲವು ವರ್ಷಗಳ ಹಿಂದೆ ನಿರೂಪಿಸಿದ ಶಕ್ತಿಯ ನಿತ್ಯತ್ವ ನಿಯಮವು ಹೆಲ್ಮ್‌ಹೋಲ್ಟ್ಜ್‌ನಿಂದ ಮೊಟ್ಟಮೊದಲಿಗೆ ಸೂತ್ರೀಕರಿಸಲ್ಪಟ್ಟಿತು.

ಹೆಲ್ಮ್‌ಹೋಲ್ಟ್ಜ್‌ನ ಕೃತಿಯಿಂದೀಚೆಗೆ, ಇತರ ಭೌತವಿಜ್ಞಾನಿಗಳಿಗೆ ಉಳಿದ ಕಾರ್ಯಭಾರವೆಂದರೆ ಶಕ್ತಿಯ ನಿತ್ಯತ್ವ ನಿಯಮವನ್ನು ದೃಢಪಡಿಸುವುದು ಮತ್ತು ಅದನ್ನು ಅನ್ವಯಿಸುವುದು ಇಷ್ಟುಮಾತ್ರ. ಈ ಶೋಧನೆಗಳು ಎಷ್ಟು ಫಲಕಾರಿಯಾದವೆಂದರೆ ಶತಮಾನದ ಉತ್ತರಾರ್ಧದಲ್ಲಿ ಶಕ್ತಿಯ ನಿತ್ಯತ್ವ ನಿಯಮವು ಪ್ರಾಕೃತಿಕ ವಿಜ್ಞಾನದ ಒಂದು ಮೂಲಭೂತ ನಿಯಮವಾಗಿ ಸಾರ್ವತ್ರಿಕವಾಗಿ ಅನುಮೋದಿಸಲ್ಪಟ್ಟಿತು.

ಶಕ್ತಿಯ ನಿತ್ಯತ್ವ ನಿಯಮದ ವಿಚಾರದಲ್ಲಿ ಸಂಶಯವನ್ನುಂಟುಮಾಡುವ ವಿದ್ಯಮಾನಗಳು 20ನೆಯ ಶತಮಾನದಲ್ಲಿ ಆಗಲೇ ಕಂಡುಬಂದಿವೆ. ಆದರೂ, ಈ ಅಸಂಬದ್ಧತೆಯ ತೋರಿಕೆಗಳಿಗೆ ವಿವರಣೆಗಳನ್ನು ಆಮೇಲೆ ಕೊಡಲಾಯ್ತು. ಇದುವರೆಗೂ, ಶಕ್ತಿಯ ನಿತ್ಯತ್ವ ನಿಯಮವು ಯಶಸ್ಕರವಾಗಿ ಬಾಳಿ ಬಂದಿದೆ.

---

→ ವಿವರಣೆಯನ್ನು ಕೊಟ್ಟು, ಅದರ ವಿಶ್ವವ್ಯಾಪಕ ಸ್ವರೂಪವನ್ನು ಎತ್ತಿತೋರಿಸಿದ್ದು ಆತನೆ. ಶರೀರಕ್ರಿಯಾಶಾಸ್ತ್ರದಲ್ಲಿ ಹೆಲ್ಮ್‌ಹೋಲ್ಟ್ಜನು ಮುಖ್ಯವಾದ ಪರಿಣಾಮಗಳನ್ನು ಸ್ಥಾಪಿಸಿದನು: ರಾಸಾಯನಿಕ ಪ್ರತಿಕ್ರಿಯೆಗಳಿಗೆ ಇದನ್ನು ಆತನೇ ಮೊದಲು ಅನ್ವಯಿಸಿದನು. ದ್ರವಗಳ ಸುಳಿಗಳ ಚಲನೆಯ ವಿಚಾರದಲ್ಲಿ ತನ್ನ ಸಂಶೋಧನೆಗಳಿಂದ ಹೆಲ್ಮ್‌ಹೋಲ್ಟ್ಜನು ದ್ರವ ಚಲನಶಾಸ್ತ್ರ ಮತ್ತು ವಾಯುಯಾನವಿಜ್ಞಾನ ಇವುಗಳ ಅಸ್ತಿಭಾರವನ್ನು ಹಾಕಿದನು. ಧ್ವನಿವಿಜ್ಞಾನ ಮತ್ತು ವಿದ್ಯುತ್ಕಾಂತತೆಯಲ್ಲಿ ಆತನು ಹಲವು ಮುಖ್ಯ ಸಂಶೋಧನೆಗಳನ್ನು ನಡೆಸಿದನು. ಸಂಗೀತಶಾಸ್ತ್ರಕ್ಕೆ ಒಂದು ಭೌತ ಸಿದ್ಧಾಂತವನ್ನು ಪ್ರತಿಪಾದಿಸಿದನು. ತನ್ನ ಭೌತ ಸಂಶೋಧನೆಗಳಲ್ಲಿ ಅನೇಕ ಸ್ವತಂತ್ರ ಹಾಗೂ ಪರಿಣಾಮಕಾರಿ ಗಣಿತ ವಿಧಾನಗಳನ್ನು ಅನ್ವಯಿಸಿದನು.

# 2. ದ್ರವ್ಯದ ಸಂರಚನೆ

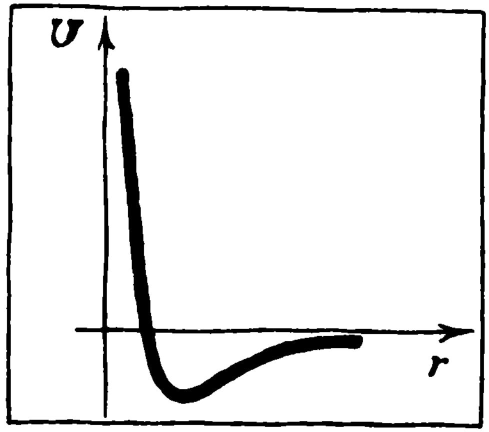
## ಅಣುಗಳ ನಡುವಿನ ಬಂಧನಗಳು

ಅಣುಗಳು ಪರಮಾಣುಗಳಿಂದ ರಚಿತವಾಗಿವೆ. ಅಣುಗಳಲ್ಲಿ ಪರಮಾಣುಗಳು ರಾಸಾಯನಿಕ ಬಲಗಳೆಂದು ಹೇಳಲಾಗುವ ಬಲಗಳಿಂದ ಬಂಧಿಸಲ್ಪಟ್ಟಿವೆ.

ಎರಡು, ಮೂರು, ನಾಲ್ಕು ಪರಮಾಣುಗಳುಳ್ಳ ಅಣುಗಳಿವೆ. ಎಲ್ಲಕ್ಕಿಂತ ದೊಡ್ಡವಾದ ಅಣುಗಳಾದ, ಪ್ರೋಟೀನ್ ಅಣುಗಳಲ್ಲಿ ಹತ್ತಾರು ಅಥವಾ ನೂರಾರು ಸಾವಿರ ಪರಮಾಣುಗಳು ಇರುತ್ತವೆ.

ಅಣು ರಾಜ್ಯವು ವಿಶೇಷವಾಗಿ ವೈವಿಧ್ಯಮಯವಾದುದು. ಪ್ರಕೃತಿಯಲ್ಲಿ ಬೇರೆ ಬೇರೆ ಅಣುಗಳಿಂದ ರಚಿತವಾಗಿರುವ ಕೋಟ್ಯಂತರ ಪದಾರ್ಥಗಳನ್ನು ರಸಾಯನ ವಿಜ್ಞಾನಿಗಳು ಸ್ವಾಭಾವಿಕವಾಗಿ ದೊರೆಯುವ ಪದಾರ್ಥಗಳಿಂದಲೂ ಮತ್ತು ಪ್ರಯೋಗಶಾಲೆಗಳಲ್ಲಿ ಉತ್ಪತ್ತಿ ಮಾಡುವುದರಿಂದಲೂ ಬೇರ್ಪಡಿಸಿ ತಯಾರಿಸಿರುವರು.

ಅಣುಗಳ ಗುಣಗಳು ಅವುಗಳ ರಚನೆಯಲ್ಲಿ ಭಾಗವಹಿಸಿರುವ ಯಾವುದೇ ಜಾತಿಯ ಪರಮಾಣುಗಳ ಸಂಖ್ಯೆಯನ್ನೇ ಅಲ್ಲದೆ ಅವುಗಳು ಬಂಧಿಸಲ್ಪಟ್ಟಿರುವ ಕ್ರಮ ಮತ್ತು ವಿನ್ಯಾಸ ಇವುಗಳನ್ನೂ ಅವಲಂಬಿಸಿರುವುವು. ಒಂದು ಅಣುವು ಇಟ್ಟಿಗೆಗಳ ಒಂದು ರಾಶಿ ಮಾತ್ರವಲ್ಲ. ಅದು, ಪ್ರತಿಯೊಂದು ಇಟ್ಟಿಗೆಯೂ ಒಂದು ನಿರ್ದಿಷ್ಟ ಸ್ಥಾನದಲ್ಲಿದ್ದು ಅದರ ಅಕ್ಕಪಕ್ಕದ ಪರಮಾಣುಗಳಿಂದ ಬಿಗಿಯಲ್ಪಟ್ಟ ಒಂದು ಬಹು ಕೌಶಲದ ವಾಸ್ತುಶಿಲ್ಪದ ಕಟ್ಟಡ. ಒಂದು ಅಣುವಿನ ಪರಮಾಣು ರಚನೆಯು ಕ್ಲಿಷ್ಟವಾಗಿ ಅಥವಾ ಸರಳವಾಗಿ ದೃಢವಾಗಿರಬಹುದು. ಏಕ




ಚಿತ್ರ 2.1

ಆಗಲಿ, ಪ್ರತಿಯೊಂದು ಪರಮಾಣುವೂ ತನ್ನ ಸಮತಾಸ್ಥಿತಿಯ ಸ್ಥಾನದ ಅತ್ತಿತ್ತ ಆಂದೋಲನ ಮಾಡುವುದು. ಕೆಲವು ಸಂದರ್ಭಗಳಲ್ಲಿ ಒಂದು ಅಣುವಿನ ಒಂದು ಭಾಗವು ಇತರ ಭಾಗಗಳ ಸುತ್ತಲೂ ಸುತ್ತುತ್ತ ತಾಪೀಯ ಚಲನೆಯಿಂದಾಗಿ ನಿರ್ಬಂಧವಿಲ್ಲದ ಅಣುವಿಗೆ ವಿಲಕ್ಷಣವಾದ ಆಕಾರಗಳನ್ನು ಕೊಡಬಲ್ಲುದು.

ಅಣುಗಳ ನಡುವಿನ ಪರಸ್ಪರ ಕ್ರಿಯೆಯನ್ನು ಇನ್ನೂ ವಿಶದವಾಗಿ ಪರಿಶೀಲಿಸೋಣ. ದ್ವಿಪರಮಾಣು ಅಣುವಿನ ಸ್ಥಿತಿಜ ಶಕ್ತಿಯ ವಕ್ರರೇಖೆಯನ್ನು ಚಿತ್ರ 2.1ರಲ್ಲಿ ತೋರಿಸಿದೆ. ಅದಕ್ಕೆ ಒಂದು ವಿಶಿಷ್ಟವಾದ ರೂಪವಿರುತ್ತದೆ–ಮೊದಲು ಕೆಳಕ್ಕೆ ಇಳಿಯುತ್ತದೆ, ಆಮೇಲೆ ಮೇಲಕ್ಕೆ ಏರುತ್ತಾ ಒಂದು "ಭಾವಿ"ಯಾಗುತ್ತದೆ ಮತ್ತು ಅಲ್ಲಿಂದ ಮುಂದೆ ಪರಮಾಣುಗಳ ನಡುವಿನ ದೂರವನ್ನು ಗುರ್ತಿಸಿರುವ ಕ್ಷಿತಿಜ ದಿಕ್ಕಿನ ಅಕ್ಷರೇಖೆಯ ಕಡೆಗೆ ನಿಧಾನವಾಗಿ ಏರುತ್ತದೆ.

ಸ್ಥಿತಿಜ ಶಕ್ತಿಯು ಕನಿಷ್ಠ ಮೌಲ್ಯವಿರುವ ಸ್ಥಿತಿಯು ಸ್ಥಿರವಾದುದೆಂದು ನಾವು ಆಗಲೇ ನೋಡಿದ್ದೇವೆ. ಪರಮಾಣುವು ಒಂದು ಅಣುವಿನ ಭಾಗವಾಗಿದ್ದಾಗ, ಅದು ತನ್ನ ಸಮತಾಸ್ಥಿತಿಯ ಸ್ಥಾನದ ಅತ್ತಿತ್ತ ಆಂದೋಲನ ಮಾಡುತ್ತಾ, ಸ್ಥಿತಿಜ ಶಕ್ತಿಯ ಭಾವಿಯಲ್ಲಿ "ಕುಳಿತಿರುತ್ತದೆ."

ಸೆಕ್ಷಿಯ ದಿಕ್ಕಿನ ಅಕ್ಷಕ್ಕೂ ಭಾವಿಯ ತಳಕ್ಕೂ ಇರುವ ದೂರವನ್ನು ಸಮತಾ

ಸ್ಥಿತಿಯ ದೂರವೆಂದು ಕರೆಯಬಹುದು. ತಾಪೀಯ ಚಲನೆ ಇಲ್ಲದಿದ್ದರೆ, ಪರಮಾಣುವು ಇಷ್ಟು ದೂರದಲ್ಲಿ ಇರುತ್ತದೆ.

ಪರಮಾಣುಗಳ ನಡುವಿನ ಪರಸ್ಪರ ಕ್ರಿಯೆಗಳ ಎಲ್ಲಾ ವಿವರಗಳನ್ನೂ ಸ್ಥಿತಿಜ ಶಕ್ತಿಯ ವಕ್ರರೇಖೆಯು ಕೊಡುತ್ತದೆ. ಕಣಗಳು ಅವುಗಳ ಮಧ್ಯದ ಯಾವುದಾದರೂ ಒಂದು ದೂರದಲ್ಲಿ ಆಕರ್ಷಿಸುತ್ತವೆಯೋ ಅಥವಾ ವಿಕರ್ಷಿಸುತ್ತವೆಯೋ. ಕಣಗಳು ಪರಸ್ಪರ ಸಮೀಪಿಸುವಾಗಲೂ ಅಥವಾ ದೂರಹೋಗುವಾಗಲೂ ಅವುಗಳ ಪರಸ್ಪರ ಕ್ರಿಯೆಯು ಹೆಚ್ಚುತ್ತದೆಯೋ ಅಥವಾ ಕಡಿಮೆಯಾಗುತ್ತದೆಯೋ, ಈ ಎಲ್ಲಾ ವಿವರಗಳನ್ನೂ ಸ್ಥಿತಿಜ ಶಕ್ತಿಯ ವಕ್ರರೇಖೆಯ ವಿಶ್ಲೇಷಣೆಯಿಂದ ಪಡೆಯಬಹುದು. ಭಾವಿಯ "ತಳದ" ಎಡಕ್ಕಿರುವ ಬಿಂದುಗಳು ವಿಕರ್ಷಣೆಯನ್ನು ಸೂಚಿಸುತ್ತವೆ. ಹಾಗಲ್ಲದೆ ಭಾವಿಯ ತಳದ ಬಲಗಡೆಗೆ ಇರುವ ಬಿಂದುಗಳು ಆಕರ್ಷಣೆಯನ್ನು ನಿರ್ದೇಶಿಸುತ್ತವೆ. ವಕ್ರರೇಖೆಯು ಎಷ್ಟು ಕಡಿದಾಗಿದೆಯೆಂಬುದರಿಂದ ಕೂಡ ವಿವರವು ದೊರೆಯುತ್ತದೆ: ರೇಖೆಯು ಹೆಚ್ಚು ಕಡಿದಾದಷ್ಟೂ ಬಲವು ಹೆಚ್ಚಾಗಿರುತ್ತದೆ.

ಪರಮಾಣುಗಳು ಪರಸ್ಪರ ಬಹು ದೂರದಲ್ಲಿದ್ದಾಗ ಅವುಗಳು ಆಕರ್ಷಿಸಲ್ಪಡುತ್ತವೆ: ಈ ಬಲವು ಅವುಗಳ ನಡುವಿನ ದೂರದ ಹೆಚ್ಚಳದಿಂದ ಬಹಳ ಬೇಗ ಕಡಿಮೆಯಾಗುತ್ತದೆ. ಅವುಗಳು ಒಂದನ್ನೊಂದು ಸಮೀಪಿಸುತ್ತ ಹೋದರೆ, ಆಕರ್ಷಣೆಯ ಬಲವು ಹೆಚ್ಚುತ್ತ ಹೋಗುವುದು ಮತ್ತು ಪರಮಾಣುಗಳು ಒಂದಕ್ಕೊಂದು ಬಹಳ ಹತ್ತಿರಕ್ಕೆ ಬಂದಾಗ ಅದರ ಪರಿಮಾಣವು ಪರಮಾವಧಿ ಪ್ರಮಾಣದ್ದಾಗುವುದು. ಅವು ಇನ್ನೂ ಹೆಚ್ಚು ಹತ್ತಿರಕ್ಕೆ ಬಂದರೆ, ಆಕರ್ಷಣೆಯು ದುರ್ಬಲವಾಗುವುದು ಮತ್ತು ಕೊನೆಯದಾಗಿ ಸಮತಾಸ್ಥಿತಿಯ ದೂರದಲ್ಲಿ ಆಕರ್ಷಣೆಯ ಬಲವು ಅದೃಶ್ಯವಾಗುವುದು. ಪರಮಾಣುಗಳು ಸಮತಾಸ್ಥಿತಿಯ ದೂರಕ್ಕಿಂತ ಇನ್ನೂ ಹತ್ತಿರ ಬಂದರೆ, ವಿಕರ್ಷಕ ಬಲಗಳುಂಟಾಗಿ ಇವು ಹೆಚ್ಚುತ್ತಾ ಹೋಗಿ ಪರಮಾಣುಗಳ ನಡುವಿನ ದೂರವನ್ನು ಇನ್ನೂ ಕಡಿಮೆಯಾಗಿಸುವುದನ್ನು ಸಾಧ್ಯವಿಲ್ಲದಂತೆ ಮಾಡುವುವು.

ಪರಮಾಣುಗಳ ನಡುವಿನ ಸಮತಾಸ್ಥಿತಿಯ ದೂರಗಳು (ಮುಂದೆ ಸಂಗ್ರಹ

ವಾಗಿ ಹೇಳುವ ದೃಷ್ಟಿಯಿಂದ ದೂರಗಳು ಎಂದೇ ಹೇಳುವೆವು) ಬೇರೆ ಬೇರೆ ಜಾತಿಯ ಪರಮಾಣುಗಳಿಗೆ ಬೇರೆ ಬೇರೆಯಾಗಿರುವುವು.

ಅನೇಕ ಪರಮಾಣುಗಳ ಜೋಡಿಗಳಲ್ಲಿ ನೆತ್ತಿಯ ದಿಕ್ಕಿನ ಅಕ್ಷಕ್ಕೂ ಭಾವಿಯ ತಳಕ್ಕೂ ಇರುವ ದೂರಗಳೇ ಅಲ್ಲದೆ, ಭಾವಿಗಳ ಆಳಗಳೂ ಬೇರೆ ಬೇರೆ ಯಾಗಿರುವುವು.

ಭಾವಿಯ ಆಳಕ್ಕೆ ಒಂದು ಸರಳವಾದ ಅರ್ಥವಿದೆ : ಭಾವಿಯಿಂದ ಹೊರಕ್ಕೆ ಹೊರಳುವುದಕ್ಕೆ ಆಳಕ್ಕೆ ಸಮವಾಗಿರುವಷ್ಟು ಶಕ್ತಿಯು ಬೇಕಾಗುವುದು. ಆದ್ದರಿಂದ ಭಾವಿಯ ಆಳವನ್ನು ಕಣಗಳ ಬಂಧನ ಶಕ್ತಿಯೆಂದು ಕರೆಯಬಹುದು.

ಅಣುಗಳ ನಡುವಿನ ದೂರಗಳು ಬಹಳ ಸಣ್ಣ ಪ್ರಮಾಣದವುಗಳಾದ್ದರಿಂದ ಅವುಗಳ ಅಳತೆಗೆ ಉಚಿತವಾದ ಏಕಮಾನಗಳನ್ನು ಆರಿಸಿಕೊಳ್ಳಬೇಕಾಗುವುದು; ಇಲ್ಲ ದಿದ್ದರೆ ಅವುಗಳ ಮೌಲ್ಯಗಳನ್ನು, ಉದಾಹರಣೆಗೆ, ಈ ರೂಪದಲ್ಲಿ ಸೂಚಿಸಬೇಕಾಗು ವುದು : 0.000 000 012 ಸೆಂ. ಮೀ. ಈ ಸಂಖ್ಯೆಯು ಆಮ್ಲಜನಕದ ಅಣು ವಿಗೆ ಸಂಬಂಧಿಸಿದುದು.

ಪರಮಾಣುಗಳ ಪ್ರಪಂಚವನ್ನು ವರ್ಣಿಸುವುದಕ್ಕೆ ಹೆಚ್ಚು ಅನುಕೂಲತೆಯುಳ್ಳ ಏಕಮಾನಗಳಿಗೆ **"ಆಂಗ್‌ಸ್ಟ್ರಾಮ್"**ಗಳು ಎಂದು ಹೆಸರು (ಈ ಏಕಮಾನಗಳಿಗೆ ಯಾರ ಗೌರವಾರ್ಥವಾಗಿ ಹೆಸರಿಟ್ಟಿದೆಯೋ ಆ ಸ್ವೀಡನ್ ದೇಶದ ವಿಜ್ಞಾನಿಯ ಹೆಸರು ಆಂಗ್‌ಸ್ಟ್ರಾಮ್ (Angstrom) ಎಂದು: ಇದನ್ನು ನೆನಪಿನಲ್ಲಿಟ್ಟುಕೊಳ್ಳಲು, ಮೊದಲಿನ ಅಕ್ಷರವಾದ Å ಮೇಲೆ ಒಂದು ಸಣ್ಣ ವೃತ್ತವನ್ನು ಇಟ್ಟಿರುತ್ತದೆ;

$1 \text{ Å} = 10^{-8}$ ಸೆಂ.ಮೀ.

ಅಂದರೆ ಒಂದು ಸೆಂಟಿಮೀಟರಿನಲ್ಲಿ ಹತ್ತು ಕೋಟಿಯಲ್ಲಿ ಒಂದು ಭಾಗ.

ಅಣುಗಳ ಒಳಗಿನ ಪರಮಾಣುಗಳ ನಡುವಿನ ದೂರಗಳು 1 ರಿಂದ 4 Åಗಳ ಪರಿಮಿತಿಗಳೊಳಗೆ ಇವೆ. ಮೇಲೆ ನಮೂದಿಸಿರುವ ಆಮ್ಲಜನಕದ ಸಮತಾಸ್ಥಿತಿಯ ದೂರವು 1.2 Å ಗಳಿಗೆ ಸಮವಾಗಿರುತ್ತದೆ.

ಪರಮಾಣುಗಳ ಪರಸ್ಪರ ದೂರಗಳು ಬಹಳ ಚಿಕ್ಕದಾಗಿರುವುವು ಎಂಬುದನ್ನು ನೀವು ಗಮನಿಸುವಿರಿ. ಭೂಮಿಯನ್ನು ಅದರ ಸಮಭಾಜಕ ವೃತ್ತದ ಸುತ್ತಲೂ

ಹಗ್ಗದಿಂದ ಸುತ್ತಿದರೆ, ಆ "ನಡುಕಟ್ಟಿ"ನ ಉದ್ದವು ನಿಮ್ಮ ಅಂಗೈಯು ಅಣುವಿನ ಪರಮಾಣುಗಳ ನಡುವಿನ ದೂರಕ್ಕಿಂತ ಎಷ್ಟು ಹೆಚ್ಚಾಗಿರುವುದೋ ಅಷ್ಟೇ ಪ್ರಮಾಣ ದಲ್ಲಿ ನಿಮ್ಮ ಅಂಗೈಗಿಂತ ಹೆಚ್ಚಾಗಿರುವುದು.

ಸಾಮಾನ್ಯ ಕ್ಯಾಲೊರಿಗಳು ಬಂಧನ ಶಕ್ತಿಗಳ ಅಳತೆಗೆ ಬಳಸಲ್ಪಡುವುವು. ಆದರೆಅವು ಒಂದೇ ಒಂದು ಅಣುವಿಗೆ ಸಂಬಂಧಿಸಿದುದಲ್ಲ, ಏಕೆಂದರೆ, ಇದು ಅತಿ ಸಣ್ಣ ಸಂಖ್ಯೆಯಾಗುವುದು, ಆದ್ದರಿಂದ ಒಂದು ಮೋಲ್‌ಗೆ ಸಂಬಂಧಿಸಿದುದು. ಅಂದರೆ ಸಾಪೇಕ್ಷ ಅಣು ದ್ರವ್ಯಾಂಶಕ್ಕೆ ಸಮವಾದ ಗ್ರಾಂಗಳ ಸಂಖ್ಯೆಗೆ.

ಒಂದು ಮೋಲ್‌ನ ಬಂಧನ ಶಕ್ತಿಯನ್ನು ಅವೊಗಾಡ್ರೊ ಸಂಖ್ಯೆ $N_A = 6.023 \times 10^{23}$ (ಮೋ)$^{-1}$ ಇಂದ ಭಾಗಿಸಿದರೆ, ಬರುವ ಫಲವು ಒಂದು ಅಣು ವಿನ ಬಂಧನ ಶಕ್ತಿ ಆಗುವುದೆಂಬುದು ಸ್ಪಷ್ಟ.

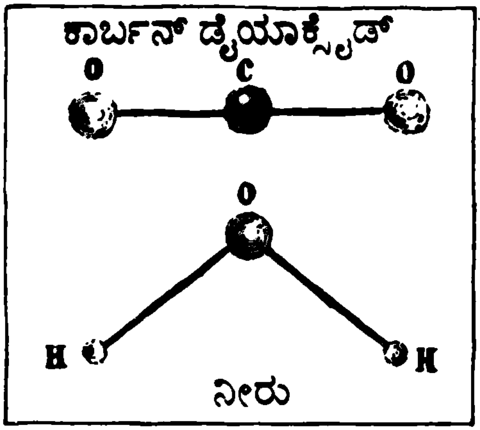
ಅಣುವಿನಲ್ಲಿನ ಪರಮಾಣುಗಳ ಬಂಧನ ಶಕ್ತಿಯು, ಅಣುಗಳ ನಡುವಿನ ದೂರಗಳಂತೆಯೇ, ಬಹಳ ಸಂಕುಚಿತ ಪರಿಮಿತಿಗಳೊಳಗೆ ವ್ಯತ್ಯಾಸವಾಗುವುದು.

ಅದೇ ಆಮ್ಲಜನಕಕ್ಕೆ, ಬಂಧನ ಶಕ್ತಿಯು 116 000 ಕ್ಯಾ/ಮೋಲ್, ಜಲಜನಕಕ್ಕೆ 103 000 ಕ್ಯಾ/ಮೋಲ್ ಮುಂತಾಗಿ.

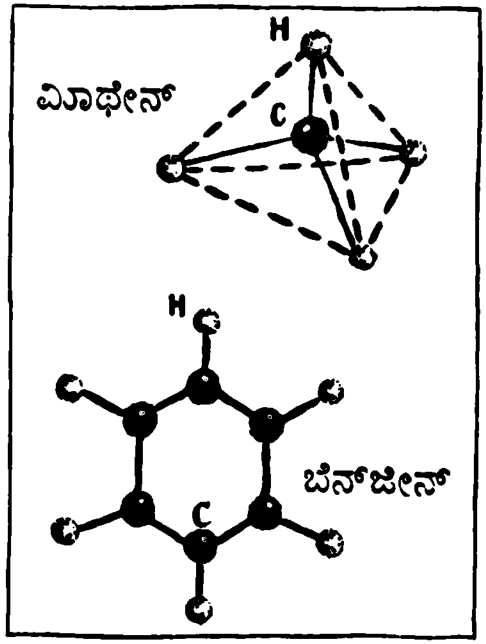
ಒಂದು ಅಣುವಿನಲ್ಲಿನ ಪರಮಾಣುಗಳು ಒಂದಕ್ಕೊಂದು ಸಂಬಂಧಿಸಿದಂತೆ ಒಂದು ನಿರ್ದಿಷ್ಟ ರೀತಿಯಲ್ಲಿ ಜೋಡಿಸಲ್ಪಟ್ಟು, ಕೆಲವು ಕ್ಲಿಷ್ಟವಾದ ಸಂದರ್ಭಗಳಲ್ಲಿ ಬಹಳ ಜಟಿಲವಾದ ಕಟ್ಟಡಗಳಾಗಿರುವುದೆಂಬುದನ್ನು ನಾವು ಈಗಾಗಲೇ ಹೇಳಿದ್ದೇವೆ.

ಕೆಲವು ಸುಲಭವಾದ ದೃಷ್ಟಾಂತಗಳನ್ನು ತೋರಿಸಿಕೊಡೋಣ. $CO_2$ (ಕಾರ್ಬನ್ ಡೈಯಾಕ್ಸೈಡ್) ಅಣುವಿನಲ್ಲಿ, ಮೂರು ಪರಮಾಣುಗಳೂ ಒಂದೇ ಸಾಲಿನಲ್ಲಿವೆ. ಇಂಗಾಲದ ಪರಮಾಣು ಮಧ್ಯದಲ್ಲಿದೆ. $H_2O$ (ನೀರು) ಅಣುವು ಒಂದು ಕೋನದ ಆಕಾರದಲ್ಲಿರುವುದು. ಆಮ್ಲಜನಕದ ಪರಮಾಣುವು ಕೋನದ ಶೃಂಗದಲ್ಲಿರುವುದು (ಮತ್ತು ಕೋನ 105°ಗೆ ಸಮವಾಗಿರುವುದು).

$NH_3$ (ಅಮೋನಿಯ) ಅಣುವಿನಲ್ಲಿ ಸಾರಜನಕದ ಪರಮಾಣುವು ಒಂದು ಮೂರು ಮುಖದ ಪಿರಮಿಡ್ಡಿನ ಶೃಂಗದಲ್ಲಿರುತ್ತದೆ. $CH_4$ (ಮೀಥೇನ್) ಅಣುವಿ




ಚಿತ್ರ 2.2




ಚಿತ್ರ 2.3

ನಲ್ಲಿ ಇಂಗಾಲದ ಪರಮಾಣುವು ಟೆಟ್ರಹೆಡ್ರನ್ ಎಂಬ ಸಮವಾದ ನಾಲ್ಕು ಮುಖದ ಆಕೃತಿಯ ಕೇಂದ್ರದಲ್ಲಿರುತ್ತದೆ.

$C_6H_6$ (ಬೆನ್‌ಜೀನ್) ಇದರ ಇಂಗಾಲದ ಪರಮಾಣುಗಳು ಒಂದು ಸಮ ಷಡ್ಭುಜವನ್ನು ರೂಪಿಸುತ್ತವೆ. ಇಂಗಾಲದ ಪರಮಾಣುಗಳನ್ನು ಜಲಜನಕದ ಪರಮಾಣುಗಳೊಡನೆ ಸೇರಿಸುವ ಬಂಧನಗಳು ಷಡ್ಭುಜದ ಎಲ್ಲಾ ಶೃಂಗಗಳಿಂದಲೂ ಹೊರಡುತ್ತವೆ. ಎಲ್ಲಾ ಪರಮಾಣುಗಳೂ ಒಂದೇ ಸಮತಲದಲ್ಲಿರುತ್ತವೆ.

ಈ ಅಣುಗಳಲ್ಲಿನ ಪರಮಾಣುಗಳ ಕೇಂದ್ರಗಳ ವಿನ್ಯಾಸ ಕ್ರಮವನ್ನು ಚಿತ್ರ 2.2 ಮತ್ತು 2.3 ಇವುಗಳಲ್ಲಿ ತೋರಿಸಿದೆ. ಇವುಗಳಲ್ಲಿ ಸರಳ ರೇಖೆಗಳು ಬಂಧನಗಳ ಸಂಕೇತಗಳಾಗಿವೆ.

ಒಂದು ರಾಸಾಯನಿಕ ಕ್ರಿಯೆಯು ನಡೆದಿದೆ; ಒಂದು ಜಾತಿಯ ಅಣುಗಳಿದ್ದವು ಮತ್ತು ಆಮೇಲೆ ಇತರ ಅಣುಗಳುಂಟಾದವು. ಕೆಲವು ಬಂಧನಗಳು ಕಡಿಯಲ್ಪಟ್ಟವು,

ಇತರ ಬಂಧನಗಳು ಹೊಸದಾಗಿ ರಚಿತವಾದವು. ಪರಮಾಣುಗಳ ನಡುವಿನ ಬಂಧನಗಳನ್ನು ಒಡೆಯುವುದಕ್ಕೆ (ಚಿತ್ರ 2.1ಅನ್ನು ಜ್ಞಾಪಿಸಿಕೊಳ್ಳಿರಿ) ಭಾವಿಯೊಳಗಿಂದ ಗುಂಡು ಒಂದನ್ನು ಹೊರಕ್ಕೆ ಉರುಳಿಸುವುದಕ್ಕೆ ಆಗುವಂತೆಯೇ ಕ್ರಿಯಾಶಕ್ತಿಯು ವ್ಯಯವಾಗಬೇಕು. ಇದಕ್ಕೆ ವಿರುದ್ಧವಾಗಿ, ಹೊಸ ಬಂಧನಗಳುಂಟಾದಾಗ, ಒಂದು ಗುಂಡು ಭಾವಿಯ ಒಳಕ್ಕೆ ಹೊರಳಿದಾಗ ಆಗುವಂತೆ ಶಕ್ತಿಯು ಬಿಡುಗಡೆಯಾಗುವುದು.

ಯಾವುದು ಹೆಚ್ಚು ಮೌಲ್ಯದ್ದು, ಬಂಧನಗಳನ್ನು ಒಡೆಯುವುದಕ್ಕೆ ಬೇಕಾಗುವ ಕ್ರಿಯಾಶಕ್ತಿಯೊ ಅಥವಾ ಹೊಸ ಬಂಧನಗಳನ್ನು ಉಂಟುಮಾಡುವುದಕ್ಕೆ ಬೇಕಾಗುವುದೊ ? ಪ್ರಕೃತಿಯಲ್ಲಿ ಎರಡು ವಿಧದ ಕ್ರಿಯೆಗಳೂ ಸಿಕ್ಕುತ್ತವೆ.

ಹೆಚ್ಚುವರಿಯ ಶಕ್ತಿಗೆ **ತಾಪೀಯ ಪರಿಣಾಮ,** ಅಥವಾ ಸಂಗ್ರಹವಾಗಿ **ಪರಿವರ್ತನೆಯ ಉಷ್ಣ(ಕ್ರಿಯೆ)** ಎಂದು ಹೆಸರು. ಕ್ರಿಯೆಯ ಉಷ್ಣವು ಸಾಧಾರಣವಾಗಿ ಒಂದು ಮೋಲ್‌ಗೆ ಹತ್ತಾರು ಸಾವಿರ ಕ್ಯಾಲೊರಿಗಳ ಮೌಲ್ಯವುಳ್ಳದ್ದಾಗಿರುವುದು. ಅನೇಕ ವೇಳೆ ಕ್ರಿಯೆಯ ಸೂತ್ರದಲ್ಲಿ ಕ್ರಿಯೆಯ ಉಷ್ಣವನ್ನು ಒಂದು ಸಂಕಲಿತ ಪದವಾಗಿ ಸೇರಿಸಿರುವುದು.

ದೃಷ್ಟಾಂತಕ್ಕೆ, ಗ್ರಾಫೈಟ್ ರೂಪದಲ್ಲಿರುವ ಇಂಗಾಲವು ಉರಿಯುವ ಅಂದರೆ, ಆಮ್ಲಜನಕದೊಡನೆ ಕೂಡುವ ಕ್ರಿಯೆಯನ್ನು ಈ ರೀತಿಯಲ್ಲಿ ಬರೆಯಲಾಗುವುದು :

$$C + O_2 = CO_2 + 94\,250 \text{ ಕ್ಯಾಲ್}$$

ಇವರ ಅರ್ಥವೇನೆಂದರೆ. ಇಂಗಾಲವು ಆಮ್ಲಜನಕದೊಡನೆ ಒಟ್ಟುಗೂಡಿದಾಗ 94 250 ಕ್ಯಾಲೊರಿಗಳಷ್ಟು ಶಕ್ತಿಯು ಬಿಡುಗಡೆಯಾಗುವುದು ಎಂದು.

ಒಂದು ಮೋಲ್ ಇಂಗಾಲ ಮತ್ತು ಒಂದು ಮೋಲ್ ಆಮ್ಲಜನಕ ಇವುಗಳ ಆಂತರಿಕ ಶಕ್ತಿಗಳ ಮೊತ್ತವು ಒಂದು ಮೋಲ್ ಕಾರ್ಬನ್ ಡೈಯಾಕ್ಸೈಡಿನ ಆಂತರಿಕ ಶಕ್ತಿ ಮತ್ತು 94 250 ಕ್ಯಾಲೊರಿಗಳಿಗೆ ಸಮವಾಗಿರುವುದು.

ಹೀಗಾಗಿ, ಇಂತಹ ಸೂತ್ರಗಳು ಆಂತರಿಕ ಶಕ್ತಿಗಳ ಮೂಲಕ ಬರೆದಿರುವ ಬೀಜಗಣಿತದ ಸಮೀಕರಣಗಳ ಸುಸ್ಪಷ್ಟ ಅರ್ಥವನ್ನು ಹೊಂದಿವೆ.

ಯಾವುದೇ ಕಾರಣವಿಲ್ಲ ಸರಳವಾದ ಅಣುವು [illegible]

ಇರುವ ಕ್ರಿಯೆಗಳ ಉಷ್ಣಗಳನ್ನು ಇಂತಹ ಸಮೀಕರಣಗಳ ಸಹಾಯದಿಂದ ಕಂಡುಹಿಡಿಯಬಹುದು. ಇಲ್ಲಿ ಒಂದು ಉದಾಹರಣೆ : ಇಂಗಾಲವು (ಗ್ರಾಫೈಟ್) ಜಲಜನಕದೊಡನೆ ಸೇರಿದರೆ, ಅಸಿಟಲೀನ್ ಉಂಟಾಗುವುದು :

$$2C + H_2 = C_2H_2$$

ಕ್ರಿಯೆಯು ಈ ಪ್ರಕಾರ ಆಗುವುದಿಲ್ಲ. ಹಾಗಾದರೂ, ಅದರ ತಾಪೀಯ ಪರಿಣಾಮವನ್ನು ಕಂಡುಹಿಡಿಯುವುದು ಸಾಧ್ಯ. ಗೊತ್ತಾಗಿರುವ ಮೂರು ಕ್ರಿಯೆಗಳನ್ನು ಬರೆಯೋಣ :

(1) ಇಂಗಾಲವು ಆಮ್ಲಜನಕದೊಡನೆ ಸಂಯೋಗ

$$2C + 2O_2 = 2CO_2 + 188\ 000 \text{ ಕ್ಯಾಲ್}$$

(2) ಜಲಜನಕವು ಆಮ್ಲಜನಕದೊಡನೆ ಸಂಯೋಗವಾಗುವುದು

$$H_2 + \frac{1}{2}O_2 = H_2O + 68000 \text{ ಕ್ಯಾಲ್}$$

(3) ಅಸಿಟಲೀನ್ ಆಮ್ಲಜನಕದೊಡನೆ ಸಂಯೋಗವಾಗುವುದು

$$C_2H_2 + \frac{5}{2}O_2 = 2CO_2 + H_2O + 312\ 000 \text{ ಕ್ಯಾಲ್}$$

ಈ ಎಲ್ಲಾ ಸಮೀಕರಣಗಳನ್ನೂ ಅಣುಗಳ ಬಂಧನ ಶಕ್ತಿಗಳ ಸಮೀಕರಣಗಳೆಂದು ಭಾವಿಸಬಹುದು. ಹಾಗಾದರೆ ಇವುಗಳನ್ನು ಬೀಜಗಣಿತದ ಸಮೀಕರಣಗಳಂತೆಯೇ ಪರಿಗಣಿಸಿ ಕಾರ್ಯ ನಡೆಸಬಹುದು. ಮೊದಲನೆಯ ಎರಡು ಸಮೀಕರಣಗಳನ್ನು ಮೂರನೆಯದರಿಂದ ಕಳೆದರೆ :

$$2C + H_2 = C_2H_2 - 56\ 000 \text{ ಕ್ಯಾಲ್}$$

ಎಂದಾಗುವುದು. ಆದ್ದರಿಂದ ನಮ್ಮ ಗುರಿಯಲ್ಲಿರುವ ಕ್ರಿಯೆಯ ಜೊತೆಗೆ ಒಂದು ಮೋಲ್‌ಗೆ 56000 ಕ್ಯಾಲೊರಿಗಳ ಶಕ್ತಿಯು ಬಳಕೆಯಾಗುವುದು.

## ಭೌತ ಮತ್ತು ರಾಸಾಯನಿಕ ಅಣುಗಳು

ಸಂಶೋಧಕರು ದ್ರವ್ಯದ ರಚನೆಯ ವಿಚಾರವಾಗಿ ವಿವರವಾದ ಭಾವನೆಯನ್ನು ಹೊಂದುವವರೆಗೂ ಇಂತಹ ಭೇದವನ್ನೇನೂ ಮಾಡುತ್ತಿರಲಿಲ್ಲ. ಒಂದು ಅಣು

ವೆಂದರೆ ಅಣು ಮಾತ್ರ, ಅಂದರೆ ಒಂದು ಪದಾರ್ಥದ ಕನಿಷ್ಠರೂಪದ ಪ್ರತಿನಿಧಿ. ಇದಕ್ಕಿಂತ ಹೆಚ್ಚು ಹೇಳಲು ಸಾಧ್ಯವಿಲ್ಲವೆಂದು ಭಾವಿಸಲಾಗಿತ್ತು. ಆದರೆ ಹಾಗಲ್ಲ.

ನಾವು ಈಗ ತಾನೆ ವಿಮರ್ಶಿಸಿದ ಅಣುಗಳು ಈ ಪದದ ಎರಡು ಅರ್ಥಗಳಲ್ಲಿಯೂ ಅಣುಗಳಾಗಿವೆ. ಮೇಲೆ ಹೇಳಿದ, ಕಾರ್ಬನ್ ಡೈಯಾಕ್ಸೈಡ್. ಅಮೋನಿಯ ಮತ್ತು ಬೆನ್‌ಜೀನ್ ಇವುಗಳ ಅಣುಗಳು ಮತ್ತು ಚರ್ಚೆ ಮಾಡದ, ಹೆಚ್ಚು ಕಡಿಮೆ ಇತರ ಎಲ್ಲಾ ಇಂಗಾಲ ಸಂಯುಕ್ತ ಪದಾರ್ಥಗಳ ಅಣುಗಳು ಒಂದಕ್ಕೊಂದು ಗಟ್ಟಿಯಾಗಿ ಬಂಧಿಸಲ್ಪಟ್ಟ ಪರಮಾಣುಗಳನ್ನು ಒಳಗೊಂಡಿವೆ. ಈ ಬಂಧನಗಳು ದ್ರವಣದಿಂದಾಗಲಿ, ಕರಗಿಸುವುದರಿಂದಾಗಲಿ ಅಥವಾ ಆವಿಯಾಗಿಸುವುದರಿಂದಾಗಲಿ ಒಡೆಯುವುದಿಲ್ಲ. ಯಾವುದೇ ಭೌತ ಕ್ರಿಯೆಯಲ್ಲಾಗಲಿ ಅಥವಾ ರೂಪ ಪರಿವರ್ತನೆಯಲ್ಲಾಗಲಿ ಅಣುವು ಬೇರೆಯಾದ ಒಂದು ಕಣ ಅಥವಾ ಸಣ್ಣ ಭೌತ ಕಾಯದಂತೆ ವರ್ತಿಸುತ್ತದೆ.

ಆದರೆ ಇದು ಎಲ್ಲಾ ಸಂದರ್ಭಗಳಲ್ಲಿಯೂ ನಿಜವಾಗಿರುವುದಿಲ್ಲ. ಅನೇಕ (ಇಂಗಾಲ ಸಂಯುಕ್ತವಲ್ಲದ) ಪದಾರ್ಥಗಳ ವಿಷಯದಲ್ಲಿ ನಾವು ಅಣುವನ್ನು ರಾಸಾಯನಿಕ ಅರ್ಥದಲ್ಲಿ ಮಾತ್ರವೇ ತಿಳಿಯಹೇಳಲು ಸಾಧ್ಯ. ಉಪ್ಪು ಅಥವಾ ಕ್ಯಾಲ್ಸೈಟ್ ಅಥವಾ ಸೋಡ ಇಂತಹ ಚೆನ್ನಾಗಿ ತಿಳಿದಿರುವ ಪದಾರ್ಥಗಳ ಅತ್ಯಂತ ಸೂಕ್ಷ್ಮ ಕಣಗಳು ಇರುವುದೇ ಇಲ್ಲ. ಹರಳುಗಳಲ್ಲಿ ಈ ಪದಾರ್ಥಗಳ ಪ್ರತ್ಯೇಕ ಕಣಗಳು ಸಿಕ್ಕುವುದಿಲ್ಲ (ಇದನ್ನು ಇನ್ನೂ ಹಲವು ಪುಟಗಳಿಂದಾಚೆಗೆ ಚರ್ಚಿಸಲಾಗುವುದು): ಅವುಗಳನ್ನು (ದ್ರವದಲ್ಲಿ ಹಾಕಿ) ಕರಗಿಸಿದಾಗ, ಅಣುಗಳು ಅವುಗಳ ಅಂಗಗಳಾದ ಪರಮಾಣುಗಳಾಗಿ ಒಡೆಯುತ್ತವೆ.

ಸಕ್ಕರೆಯು ಒಂದು ಇಂಗಾಲ ಸಂಬಂಧ (ಜೈವಿಕ) ಪದಾರ್ಥ. ಅದ್ದರಿಂದ ಸಿಹಿಯಾದ ಚಹದ ಬಟ್ಟಲಿನಲ್ಲಿ ಕರಗಿದ ಸಕ್ಕರೆಯು ಅಣುಗಳ ರೂಪದಲ್ಲಿರುವುದು. ಉಪ್ಪಿನ ವಿಚಾರವೇ ಬೇರೆ. ಉಪ್ಪಾದ ನೀರಿನಲ್ಲಿ ಸಾಮಾನ್ಯ ಉಪ್ಪಿನ (ಸೋಡಿಯಮ್ ಕ್ಲೋರೈಡಿನ) ಅಣುಗಳು ಸಿಕ್ಕುವುದಿಲ್ಲ. ಈ "ಅಣುಗಳು" (ನಾವು ಉದ್ಧರಣಾ ಚಿಹ್ನೆಗಳನ್ನು ಉಪಯೋಗಿಸಬೇಕು) ನೀರಿನಲ್ಲಿ ಪರಮಾಣುಗಳ ರೂಪದಲ್ಲಿ

ಇರುವುವು. (ವಾಸ್ತವವಾಗಿ ಅಯಾನ್‌ಗಳ – ಅಂದರೆ ವಿದ್ಯುದ್ವಾಹಿ ಅಣುಗಳ–ರೂಪದಲ್ಲಿ ಇರುವುವು. ಇದನ್ನು ಆಮೇಲೆ ಚರ್ಚಿಸಲಾಗುವುದು).

ಆವಿರೂಪದ ಪದಾರ್ಥಗಳಲ್ಲಿಯೂ ಇದೇ ಪರಿಸ್ಥಿತಿ; ಮತ್ತು ಶಾಖದಿಂದ ಕರಗಿದ ಲೋಹಗಳಲ್ಲಿ ಅಣುಗಳ ಕೆಲವು ಭಾಗಗಳು ತಮ್ಮದೇ ಆದ ಸ್ವತಂತ್ರ ಜೀವನವನ್ನು ಸಾಗಿಸುತ್ತವೆ.

ಒಂದು ಭೌತ ಅಣುವಿನಲ್ಲಿ ಒಟ್ಟು ಕೂಡಲ್ಪಟ್ಟಿರುವ ಪರಮಾಣುಗಳನ್ನು ಬಂಧಿಸುವ ಬಲಗಳ ವಿಚಾರವನ್ನು ಪ್ರಸ್ತಾಪಿಸುವಾಗ, ಅವುಗಳನ್ನು ವೇಲೆನ್ಸ್ ಬಲಗಳೆಂದು ಕರೆಯುತ್ತೇವೆ. ಅಣುಗಳ ನಡುವಿನ ಬಲಗಳು ವೇಲೆನ್ಸ್ ಜಾತಿಯವುಗಳಲ್ಲ. ಚಿತ್ರ 2.1ರಲ್ಲಿ ತೋರಿಸಿರುವ ಮಾದರಿಯ ಪರಸ್ಪರ ಕ್ರಿಯಾ ರೇಖೆಯ ಸಾಧಾರಣ ಆಕೃತಿಯು ಈ ಎರಡು ವಿಧವಾದ ಬಲಗಳಿಗೂ ಒಂದೇ ಆಗಿರುವುದು. ವ್ಯತ್ಯಾಸವೇನೆಂದರೆ ಸ್ಥಿತಿಜ ಶಕ್ತಿಯ ಭಾವಿಯ ಆಳ. ವೇಲೆನ್ಸ್ ಬಲಗಳಿಗೆ ಭಾವಿಯು ನೂರಾರು ಪಟ್ಟು ಹೆಚ್ಚು ಆಳವಾಗಿರುತ್ತದೆ.

## ಅಣುಗಳ ಪರಸ್ಪರ ಕ್ರಿಯೆ

ಅಣುಗಳು ಒಂದನ್ನೊಂದು ಆಕರ್ಷಿಸುತ್ತವೆಯೆಂಬುದರಲ್ಲಿ ಏನೂ ಸಂಶಯವಿಲ್ಲ. ಹಾಗೆ ಮಾಡುವುದನ್ನು ಒಂದು ನಿಮಿಷವಾದರೂ ಅವು ನಿಲ್ಲಿಸಿದರೆ, ಎಲ್ಲಾ ದ್ರವಗಳೂ ಮತ್ತು ಗಟ್ಟಿ ಪದಾರ್ಥಗಳೂ ಅಣುಗಳಾಗಿ ಒಡೆದುಹೋಗುವುವು.

ಅಣುಗಳು ಒಂದನ್ನೊಂದು ವಿಕರ್ಷಿಸುತ್ತವೆ ಎನ್ನುವುದರಲ್ಲಿ ಯಾವ ಸಂಶಯವೂ ಇಲ್ಲ, ಏಕೆಂದರೆ ಹೀಗಿಲ್ಲದಿದ್ದರೆ ದ್ರವಗಳೂ ಮತ್ತು ಗಟ್ಟಿ ಪದಾರ್ಥಗಳೂ ಬಹು ಸುಲಭವಾಗಿ ಸಂಕುಚಿತವಾಗುವುವು.

ಮೇಲೆ ಹೇಳಲಾದ, ಪರಮಾಣುಗಳ ನಡುವಿನ ಬಲಗಳನ್ನು ಬಹುಮಟ್ಟಿಗೆ ಹೋಲುವ ಬಲಗಳೇ ಅಣುಗಳ ನಡುವೆಯೂ ಪ್ರಯೋಗವಾಗಿರುವುವು. ನಾವು ಈಗ ತಾನೆ ಪರಮಾಣುಗಳಿಗೆ ಚಿತ್ರಿಸಿದ ಸ್ಥಿತಿಜ ಶಕ್ತಿಯ ರೇಖೆಯು ಅಣುಗಳ ಪರಸ್ಪರ ಕ್ರಿಯೆಯ ಮುಖ್ಯ ವೈಶಿಷ್ಟ್ಯಗಳ ಯಥಾರ್ಥವಾದ ನಿರೂಪಣೆಯನ್ನು

ನೀಡುವುದು. ಆದಾಗ್ಯೂ ಈ ಪರಸ್ಪರ ಕ್ರಿಯೆಗಳ ನಡುವೆ ಕೆಲವು ಆವಶ್ಯಕ ವ್ಯತ್ಯಾಸಗಳೂ ಇರುವುವು.

ಉದಾಹರಣೆಗೆ, ಆಮ್ಲಜನಕದ ಒಂದು ಅಣುವನ್ನು ರಚಿಸುವ ಪರಮಾಣುಗಳ ನಡುವಿನ ಮತ್ತು ಘಟ್ಟಿಮಾಡಿದ ಆಮ್ಲಜನಕದಲ್ಲಿ ಸಮತಾಸ್ಥಿತಿಗೆ ಮೊದಲೇ ಆಕರ್ಷಿಸಲ್ಪಟ್ಟಿರುವ ಎರಡು ಅಕ್ಕಪಕ್ಕದ ಅಣುಗಳ ಆಮ್ಲಜನಕದ ಪರಮಾಣುಗಳ ನಡುವಿನ ಸಮತಾಸ್ಥಿತಿಯ ದೂರಗಳನ್ನು ಹೋಲಿಸಿ ನೋಡೋಣ. ಇವೆರಡರಲ್ಲಿನ ವ್ಯತ್ಯಾಸವು ಎತ್ತಿ ಕಾಣುವುದು: ಅಣುವನ್ನು ರಚಿಸುವ ಆಮ್ಲಜನಕದ ಪರಮಾಣುಗಳು ಪರಸ್ಪರ 1.2 Å ದೂರದಲ್ಲಿ ನೆಲಸುತ್ತವೆ. ಆದರೆ ಬೇರೆ ಬೇರೆ ಅಣುಗಳ ಆಮ್ಲಜನಕದ ಪರಮಾಣುಗಳು ಪರಸ್ಪರ 2.9 Å ದೂರಕ್ಕೆ ಮಾತ್ರ ಸಮೀಪಿಸುತ್ತವೆ.

ಇತರ ಪರಮಾಣುಗಳಿಗೂ ಇದೇ ಮಾದರಿಯ ಪರಿಣಾಮಗಳು ದೊರಕಿವೆ. ಬೇರೆ ಬೇರೆ ಅಣುಗಳ ಪರಮಾಣುಗಳು ಒಂದೇ ಅಣುವಿಗೆ ಸೇರಿದ ಪರಮಾಣುಗಳಿಗಿಂತ ಹೆಚ್ಚು ಪರಸ್ಪರ ದೂರದಲ್ಲಿ ನೆಲಸುತ್ತವೆ. ಇದರಿಂದಾಗಿ ಒಂದು ಅಣುವಿನಿಂದ ಪರಮಾಣುಗಳನ್ನು ಬಿಡಿಸುವುದಕ್ಕಿಂತ ಅಣುಗಳನ್ನು ಒಂದರಿಂದೊಂದನ್ನು ಬಿಡಿಸುವುದು ಹೆಚ್ಚು ಸುಲಭ; ಇದೂ ಅಲ್ಲದೆ ದೂರದ ವ್ಯತ್ಯಾಸಕ್ಕಿಂತ ಶಕ್ತಿಯ ವ್ಯತ್ಯಾಸವು ಇನ್ನೂ ಹೆಚ್ಚು. ಅಣುವನ್ನು ರಚಿಸುವ ಆಮ್ಲಜನಕದ ಪರಮಾಣುಗಳ ನಡುವಿನ ಬಂಧನಗಳನ್ನು ಒಡೆಯುವುದಕ್ಕೆ ಬೇಕಾಗುವ ಶಕ್ತಿಯು ಸುಮಾರು 100 ಕಿ.ಕ್ಯಾಲ್/ಮೋಲ್ ಆಗಿದ್ದರೆ, ಆಮ್ಲಜನಕದ ಅಣುಗಳನ್ನು ಒಂದರಿಂದೊಂದನ್ನು ಎಳೆದು ಬಿಡಿಸುವುದಕ್ಕೆ ಬೇಕಾದ ಶಕ್ತಿಯು 2 ಕಿ.ಕ್ಯಾಲ್/ಮೋಲ್‌ಗಿಂತ ಕಡಿಮೆಯಾಗಿರುವುದು.

ಆದ್ದರಿಂದ ಅಣುಗಳ ಸ್ಥಿತಿಜ ಶಕ್ತಿಯ ರೇಖೆಯ ಮೇಲೆ, ಸ್ಥಿತಿಜ ಶಕ್ತಿಯ ಬಾವಿಯು ನೆತ್ತಿಯ ನಿಕ್ಷಿಪ್ತ ಅಕ್ಷದಿಂದ ಇನ್ನೂ ಹೆಚ್ಚು ದೂರದಲ್ಲಿರುತ್ತದೆ ಮತ್ತು ಬಾವಿಯು ಹೆಚ್ಚು ತಟ್ಟೆಯಾಗಿರುತ್ತದೆ.

ಅಣುಗಳನ್ನು ರಚಿಸುವ ಪರಮಾಣುಗಳ ನಡುವಿನ ಪರಸ್ಪರ ಕ್ರಿಯೆಗೂ

ಮತ್ತು ಅಣುಗಳ ನಡುವಿನ ಪರಸ್ಪರ ಕ್ರಿಯೆಗೂ ಇರುವ ವ್ಯತ್ಯಾಸವು ಇಷ್ಟು ಮಾತ್ರವಲ್ಲ.

ಒಂದು ಅಣುವಿನಲ್ಲಿ ಪರಮಾಣುಗಳು ಒಂದು ನಿರ್ದಿಷ್ಟ ಸಂಖ್ಯೆಯ ಇತರ ಪರಮಾಣುಗಳೊಡನೆ ಬಂಧಿಸಲ್ಪಟ್ಟಿರುತ್ತವೆಯೆಂಬುದನ್ನು ರಸಾಯನ ವಿಜ್ಞಾನಿಗಳು ತೋರಿಸಿಕೊಟ್ಟಿದ್ದಾರೆ. ಎರಡು ಜಲಜನಕದ ಪರಮಾಣುಗಳು ಸೇರಿ ಒಂದು ಅಣು ವಾಗಿದ್ದರೆ, ಇದಕ್ಕಾಗಿ ಮೂರನೆಯ ಪರಮಾಣುವು ಇವುಗಳನ್ನು ಸೇರುವುದೇ ಇಲ್ಲ. ನೀರಿನಲ್ಲಿ ಒಂದು ಆಮ್ಲಜನಕದ ಪರಮಾಣುವು ಎರಡು ಜಲಜನಕದ ಪರಮಾಣು ಗಳೊಡನೆ ಬಂಧಿಸಲ್ಪಟ್ಟಿದೆ ಮತ್ತು ಇವುಗಳಿಗೆ ಮತ್ತೊಂದು ಪರಮಾಣುವನ್ನು ಸೇರಿಸುವುದು ಸಾಧ್ಯವೇ ಇಲ್ಲ.

ಅಣುಗಳ ನಡುವಿನ ಪರಸ್ಪರ ಕ್ರಿಯೆಯಲ್ಲಿ ಇಂತಹ ಯಾವ ಸನ್ನಿವೇಶವೂ ಕಾಣುವುದಿಲ್ಲ. ಒಂದು ಅಕ್ಕಪಕ್ಕದ ಅಣುವನ್ನೆ ತನ್ನ ಕಡೆಗೆ ಆಕರ್ಷಿಸಿಕೊಂಡ ಮೇಲೂ, ಅಣುವು ತನ್ನ "ಆಕರ್ಷಣ ಬಲವನ್ನು" ಸ್ವಲ್ಪ ಮಾತ್ರವೂ ಕಳೆದು ಕೊಳ್ಳುವುದಿಲ್ಲ. ಅಕ್ಕಪಕ್ಕದ ಅಣುಗಳ ಸೇರುವಿಕೆಯು ಸಾಕಷ್ಟು ಸ್ಥಳವಿರುವ ವರೆಗೂ ಮುಂದುವರಿಯುವುದು.

"ಸಾಕಷ್ಟು ಸ್ಥಳವಿದೆ" ಎಂದರೆ ಏನರ್ಥ? ಅಣುಗಳು ಸೇಬು ಅಥವಾ ಮೊಟ್ಟೆಗಳಂತಹವುಗಳೊ? ನಿಜ, ಒಂದು ರೀತಿಯಲ್ಲಿ ಈ ತರಹದ ಹೋಲಿಕೆಯು ಆಧಾರಯುತವಾದುದು: ಅಣುಗಳು ನಿರ್ದಿಷ್ಟ ಆಕಾರ ಮತ್ತು ಅಳತೆಯುಳ್ಳ ಭೌತ ಕಾಯುಗಳು. ಅಣುಗಳ ನಡುವಿನ ಸಮತಾಸ್ಥಿತಿಯ ದೂರವು ಅವುಗಳ ಅಳತೆಯ ಪ್ರಮಾಣವಲ್ಲದೆ ಬೇರೆ ಏನೂ ಅಲ್ಲ.

## ಕಾಪೀಯ ಚಲನೆಯು ಹೇಗೆ ಕಾಣುತ್ತದೆ

ಅಣುಗಳ ನಡುವಿನ ಪರಸ್ಪರ ಕ್ರಿಯೆಗಳು ಆ ಅಣುಗಳ "ಜೀವಮಾನ"ದ ಅಂತರದಲ್ಲಿ ಹೆಚ್ಚು ಅಥವಾ ಕಡಿಮೆಯಾದ ಮೌಲ್ಯವುಳ್ಳವುಗಳಾಗಿರಬಹುದು.

ದ್ರವ್ಯದ ಮೂರು ಸ್ಥಿತಿಗಳು – ಅನಿಲರೂಪ, ದ್ರವರೂಪ ಮತ್ತು ಘನಸ್ಥಿತಿ

ಒಂದರಿಂದೊಂದು ಬೇರೆಯಾಗಿರುವುದು ಹೇಗೆಂದರೆ ಅವುಗಳಲ್ಲಿ ಅಣುಗಳ ಪರಸ್ಪರ ಕ್ರಿಯೆಯು ವಹಿಸಿರುವ ಪಾತ್ರದಿಂದ.

"ಅನಿಲ" ಎಂಬ ಪದವನ್ನು ವಿಜ್ಞಾನಿಗಳು ರೂಪಿಸಿದರು. ("gas" ಎಂಬ ಆಂಗ್ಲ ಪದವು ಗ್ರೀಕ್ ಭಾಷೆಯ "chaos" ಅಂದರೆ "ಅವ್ಯವಸ್ಥೆ" ಎಂಬ ಪದದಿಂದ ಉತ್ಪತ್ತಿಯಾದುದು.)

ವಾಸ್ತವವಾಗಿ, ಪ್ರಕೃತಿಯಲ್ಲಿ ಕಣಗಳ ಪರಸ್ಪರ ಸ್ಥಾನ ವಿನ್ಯಾಸ ಮತ್ತು ಚಲನೆಯಲ್ಲಿನ ಸಂಪೂರ್ಣ ಅವ್ಯವಸ್ಥೆಯ ಇರುವಿಕೆಗೆ ದ್ರವ್ಯದ ಅನಿಲ ಸ್ಥಿತಿಯು ಒಂದು ದೃಷ್ಟಾಂತ. ಅನಿಲದ ಅಣುಗಳನ್ನು ನೋಡುವುದನ್ನು ಸಾಧ್ಯಪಡಿಸುವ ಸೂಕ್ಷ್ಮದರ್ಶಕವು ಯಾವುದೂ ಇಲ್ಲ. ಆದಾಗ್ಯೂ ಈ ಅದೃಶ್ಯ ಪ್ರಪಂಚದ ಜೀವನವನ್ನು ಭೌತವಿಜ್ಞಾನಿಗಳು ಸಾಕಷ್ಟು ವಿವರವಾಗಿ ವರ್ಣಿಸಬಲ್ಲರು.

ವಾಯುವಿನ ಒಂದು ಘನ ಸೆಂಟಿಮೀಟರಿನಲ್ಲಿ ಆದರ್ಶ ಪರಿಸ್ಥಿತಿಯಲ್ಲಿ (ಕೋಣೆಯ ಉಷ್ಣಾಂಶ ಮತ್ತು ವಾಯು ಒತ್ತಡ) ಅತಿ ಹೆಚ್ಚು ಸಂಖ್ಯೆಯ ಅಣುಗಳಿರುತ್ತವೆ, ಸುಮಾರು $2.5 \times 10^{19}$. ಪ್ರತಿಯೊಂದು ಅಣುವಿನ ಪ್ರದೇಶ ಭಾಗವು $4 \times 10^{-20}$ (ಸೆಂ.ಮೀ)$^3$ ಘನಸಲೆ, ಅಂದರೆ $3.5 \times 10^{-7}$ ಸೆಂ.ಮೀ $= 35$ Å ಉದ್ದದ ಅಂಚುಗಳುಳ್ಳ ಒಂದು ಘನಾಕೃತಿ. ಆದರೆ ಅಣುಗಳು ಇವಕ್ಕಿಂತ ಬಹಳ ಚಿಕ್ಕವು. ಉದಾಹರಣೆಗೆ, —ವಾಯುವಿನ ಮುಖ್ಯ ಅಂಗಗಳಾದ —ಆಮ್ಲಜನಕ ಮತ್ತು ಸಾರಜನಕ ಇವುಗಳ ಅಣುಗಳ ಸರಾಸರಿ ಅಳತೆ ಸುಮಾರು **4 Å**.

ಆದ್ದರಿಂದ ಅಣುಗಳ ನಡುವಿನ ಸರಾಸರಿ ದೂರವು ಅಣುಗಳ ಅಳತೆಗಿಂತ ಹತ್ತರಷ್ಟು ದೊಡ್ಡದಾಗಿರುತ್ತದೆ. ಮತ್ತು ಇದರಿಂದಾಗಿ ಒಂದೊಂದು ಅಣುವಿಗೂ ಅವರ ಘನ ಅಳತೆಗೆ ಸಾವಿರಪಾಲು ಹೆಚ್ಚಿನ ಪ್ರಮಾಣದ ವಾಯುವಿನ ಘನ ಅಳತೆ ಇರುವುದು.

ಒಂದೊಂದು ಚದರ ಮೀಟರಿನಲ್ಲಿಯೂ ಸರಾಸರಿ ನೂರು ನಾಣ್ಯಗಳಿರುವಂತೆ ನಾಣ್ಯಗಳನ್ನು ಸಿಕ್ಕಾಬಟ್ಟೆ ಎಸೆದಿರುವ ಒಂದು ಸಮತಲವನ್ನು ಕಲ್ಪಿಸಿಕೊಳ್ಳಿರಿ. ಅಂದರೆ, ನೀವು ಓದುತ್ತಿರುವ ಈ ಪುಸ್ತಕದ ಒಂದು ಪುಟದಲ್ಲಿ ಒಂದು ಅಥವಾ

ಎರಡು ಸಾಲ್ಯಗಳಿರುತ್ತವೆ. ಅನಿಲದ ಅಣುಗಳು ಇಷ್ಟು ವಿರಳವಾಗಿ ಚದರಿರುತ್ತವೆ.

ಅನಿಲದ ಪ್ರತಿಯೊಂದು ಅಣುವೂ ನಿರಂತರ ತಾಪೀಯ ಚಲನೆಯ ಸ್ಥಿತಿಯಲ್ಲಿರುತ್ತದೆ.

ಒಂದೇ ಒಂದು ಅಣುವನ್ನು ಹಿಂಬಾಲಿಸೋಣ. ಇಲ್ಲಿ ಬಲಗಡೆಗೆ ಎಲ್ಲಿಗೋ ವೇಗವಾಗಿ ಚಲಿಸುತ್ತಿದೆ. ಅದು ತನ್ನ ಪಥದಲ್ಲಿ ಯಾವ ಅಡಚಣೆಯನ್ನೂ ಸಂಧಿಸದಿದ್ದರೆ ಅಣುವು ಅದೇ ವೇಗದಿಂದ ಒಂದು ಸರಳರೇಖೆಯಲ್ಲಿ ತನ್ನ ಚಲನೆಯನ್ನು ಮುಂದುವರಿಸುವುದು. ಆದರೆ ಅಣುವಿನ ಪಥದಲ್ಲಿ ಅಕ್ಕಪಕ್ಕದ ಅಸಂಖ್ಯಾತ ಅಣುಗಳು ಅಡ್ಡವಾಗುವುವು. ಆಘಾತಗಳು ಅನಿವಾರ್ಯವಾಗುವುವು ಮತ್ತು ಅಣುಗಳು ಡಿಕ್ಕಿ ಹೊಡೆಯುವ ಎರಡು ಬಿಲಿಯರ್ಡ್ ಚೆಂಡುಗಳಂತೆ ಒಂದರಿಂದೊಂದು ದೂರ ಹಾರುವುವು. ನಮ್ಮ ಅಣುವು ಯಾವ ಕಡೆಗೆ ಹಾರಿಹೋಗುತ್ತದೆ ? ಅದರ ವೇಗವು ಹೆಚ್ಚುವುದೋ ಕಡಿಮೆಯಾಗುವುದೊ ? ಏನಾದರೂ ಆಗಬಹುದು : ಏಕೆಂದರೆ ಆಘಾತಗಳು ವಿಧವಿಧವಾಗಿರಬಹುದು. ಏಟುಗಳು ಮುಂದುಗಡೆಯಿಂದಾಗಲಿ, ಹಿಂದುಗಡೆಯಿಂದಾಗಲಿ ಬೀಳಬಹುದು; ಮತ್ತು ಅವು ಬಲವತ್ತರವಾದವುಗಳಾಗಲಿ, ದುರ್ಬಲವಾದವುಗಳಾಗಲಿ ಆಗಿರಬಹುದು. ಇಂತಹ ಗೊತ್ತುಗುರಿಯಿಲ್ಲದ ಆಘಾತಗಳ ಸಮಯದಲ್ಲಿನ ಅವ್ಯವಸ್ಥಿತ ಹೊಡೆತಗಳ ಫಲವಾಗಿ ನಾವು ವೀಕ್ಷಿಸುತ್ತಿರುವ ಅಣುವು ಅನಿಲವನ್ನು ಒಳಗೊಂಡಿರುವ ಪಾತ್ರೆಯ ಎಲ್ಲಾ ಭಾಗಗಳಲ್ಲಿಯೂ ಸುತ್ತಾಡುವುದೆಂಬುದು ಸ್ಪಷ್ಟ.

ಅನಿಲದ ಅಣುಗಳು ಆಘಾತಕ್ಕೆ ತುತ್ತಾಗದೆ ಎಷ್ಟು ದೂರ ಹೋಗಬಲ್ಲವು ?

ಇದು ಅಣುಗಳ ಗಾತ್ರ ಮತ್ತು ಅನಿಲದ ಸಾಂದ್ರತೆ ಇವುಗಳನ್ನು ಅವಲಂಬಿಸಿರುತ್ತದೆ. ಪಾತ್ರೆಯಲ್ಲಿ ಅಣುಗಳು ಹೆಚ್ಚು ಗಾತ್ರವುಳ್ಳವುಗಳಾದರೆ ಮತ್ತು ಹೆಚ್ಚು ಸಂಖ್ಯೆಯಲ್ಲಿ ಅಣುಗಳು ಇದ್ದರೆ, ಅವುಗಳು ಹೆಚ್ಚು ಸಲ ಒಂದಕ್ಕೊಂದು ಢಿಕ್ಕಿ ಹೊಡೆಯುವುವು. ಒಂದು ಅಣುವು ಆಘಾತ ಪಡೆಯದೆ ಚಲಿಸುವ ದೂರವು –ಇದಕ್ಕೆ 'ಸರಾಸರಿ ಸ್ವತಂತ್ರ ಚಲನೆಯ ಪಥ' ಎಂದು ಹೆಸರು – ಸಾಮಾನ್ಯ ಪರಿಸ್ಥಿತಿಗಳಲ್ಲಿ ಜಲಜನಕದ ಅಣುವಿಗೆ $11 \times 10^{-6}$ ಸೆಂ. ಮೀ. = 1100 Å ಮತ್ತು ಆಮ್ಲಜನಕದ ಅಣುವಿಗೆ $5 \times 10^{-6}$ ಸೆಂ. ಮೀ. = 500 Å ಸಮನಾಗಿರುವುದು.

$5 \times 10^{-6}$ ಸೆಂ.ಮೀ. (ಒಂದು ಮಿಲಿಮೀಟರಿನಲ್ಲಿ ಇಪ್ಪತ್ತು ಸಾವಿರದ ಒಂದು ಭಾಗ) ದೂರವು ಬಹಳ ಸಣ್ಣ ಪ್ರಮಾಣದ್ದು, ಆದರೆ ಅಣುಗಳ ಗಾತ್ರಗಳಿಗೆ ಹೋಲಿಸಿದರೆ ಅದು ಸಣ್ಣದೇನೂ ಅಲ್ಲ. ಒಂದು ಬಿಲಿಯರ್ಡ್ ಚೆಂಡಿನ 10 ಮೀ. ದೂರವು ಪ್ರಮಾಣದಲ್ಲಿ ಆಮ್ಲಜನಕದ ಅಣುವಿನ $5 \times 10^{-6}$ ಸೆಂ.ಮೀ.ಗಳ ಚಲನ ಪಥಕ್ಕೆ ಸರಿತೂಗುವುದು.

ಒಂದು ಅನಿಲದ ಅಣುಗಳು ಪರಸ್ಪರ ಬಹಳ ದೂರದಲ್ಲಿದ್ದುಕೊಂಡು ಮತ್ತು ಆಘಾತಗಳು ಅಪರೂಪ ಸಂಭವಗಳಾಗಿದ್ದು, ಅದರ ರಚನಾಕ್ರಮವು ಒಂದು ದ್ರವದ ರಚನೆಯಿಂದ ಮೂಲತಃ ಬೇರೆಯಾಗಿರುವುದು. ಒಂದು ದ್ರವದಲ್ಲಿ ಒಂದು ಅಣುವು ಇತರ ಅಣುಗಳ ಅಕ್ಕಪಕ್ಕದಲ್ಲಿಯೇ ಯಾವಾಗಲೂ ಇರುತ್ತದೆ. ದ್ರವದಲ್ಲಿನ ಅಣುಗಳ ಹಂಚಿಕೆಯು ಒಂದು ಮೂಟೆಯಲ್ಲಿನ ಆಲೂಗಡ್ಡೆಗಳಂತೆ ಇರುತ್ತದೆ. ಆದರೆ, ಒಂದು ವ್ಯತ್ಯಾಸ : ದ್ರವದ ಅಣುಗಳು ನಿರಂತರ ಮತ್ತು ಅವ್ಯವಸ್ಥಿತ ತಾಪೀಯ ಚಲನೆಯಲ್ಲಿರುತ್ತವೆ. ಏಕೆಂದರೆ ಅವುಗಳು ತುಂಬಾ ಒತ್ತಾಗಿರುವುದರಿಂದ, ಅವುಗಳು ಅನಿಲದ ಅಣುಗಳಷ್ಟು ಸ್ವತಂತ್ರವಾಗಿ ಚಲಿಸಲು ಸಾಧ್ಯವಿಲ್ಲ. ಅವುಗಳಲ್ಲಿ ಪ್ರತಿಯೊಂದೂ ಹೆಚ್ಚು ಕಡಿಮೆ ಒಂದೇ ಸ್ಥಳದಲ್ಲಿ ಒಂದೇ ನೆರೆಹೊರೆಯ ಅಣುಗಳಿಂದ ಸುತ್ತುವರಿಯಲ್ಪಟ್ಟು "ಹೆಜ್ಜೆ ಹಾಕುತ್ತಿರುತ್ತದೆ" ಮತ್ತು ದ್ರವವಿರುವ ಪ್ರದೇಶದಲ್ಲಿ ಮೆಲ್ಲಮೆಲ್ಲಗೆ ಚಲಿಸುತ್ತದೆ. ದ್ರವವು ಹೆಚ್ಚು ಅಂಟಾಗಿದ್ದಷ್ಟೂ, ಸ್ಥಾನ ಪಲ್ಲಟವು ಅಷ್ಟು ನಿಧಾನವಾಗುವುದು. ಆದರೆ, ನೀರಿನಂತಹ "ಚಲನ ಸ್ವಾತಂತ್ರ್ಯ ವಿರುವ" ದ್ರವದಲ್ಲಿ ಕೂಡ, ಅನಿಲದ ಅಣುವೊಂದು 700 Å ದೂರ ಸಾಗುವ ಕಾಲದಲ್ಲಿ ಅಣುವು 3 Å ದೂರಸಾಗುವುದು.

ಅಣುಗಳ ನಡುವಿನ ಪರಸ್ಪರ ಕ್ರಿಯೆಯ ಬಲಗಳು ಅವುಗಳ ತಾಪೀಯ ಚಲನೆಯ ಮೇಲೆ ಪ್ರಬಲ ಪರಿಣಾಮವನ್ನುಂಟುಮಾಡುವುವು. ಗಟ್ಟಿ ದ್ರವ್ಯದಲ್ಲಿ ಅಣುಗಳು ಬಹುಮಟ್ಟಿಗೆ ಸದಾ ಒಂದೇ ಸ್ಥಿರವಾದ ಸ್ಥಳದಲ್ಲಿರುವುವು. ತಾಪೀಯ ಚಲನೆಯ ಪರಿಣಾಮವೇನೆಂದರೆ, ಅಣುಗಳು ತಮ್ಮ ಸಮತಾಸ್ಥಿತಿಯ ಅತ್ತಿತ್ತ ವಿಚಲಿತವೆ ಕಂಪಿಸುತ್ತಿರುವುದು ಮಾತ್ರ. ಅಣುಗಳ ವ್ಯವಸ್ಥಿತವಾದ ಸ್ಥಾನಪಲ್ಲಟದ ಅಭಾವವೇ ನಾವು ಕರೆಯುವ 'ಘನತ್ವ' ಎಂಬುದರ ಕಾರಣ. ವಾಸ್ತವವಾಗಿ

ಅಣುಗಳು ತಮ್ಮ ನೆರೆಹೊರೆಯುವರನ್ನು ಬದಲಾಯಿಸದೆ ಇದ್ದರೆ, ಕಾಯದ ಬೇರೆ ಬೇರೆ ಭಾಗಗಳು ಒಂದಕ್ಕೊಂದು ಇನ್ನೂ ಹೆಚ್ಚು ಭದ್ರತೆಯಿಂದ ಬಂಧಿಸಲ್ಪಡುವುವು.

## ಕಾಯಗಳ ಸಂಕೋಚ್ಯತೆ

ಚಾವಣಿಯ ಮೇಲೆ ಮಳೆ ಹನಿಗಳು ಎಡೆಬಿಡದೆ ತಾಳ ಬಡಿಯುವಂತೆ, ಅನಿಲದ ಅಣುಗಳು ಕೂಡ ಪಾತ್ರೆಯ ಗೋಡೆಗಳ ಮೇಲೆ ಹೊಡೆಯುತ್ತವೆ. ಈ ಹೊಡೆತಗಳ ಸಂಖ್ಯೆಯು ಅಪಾರವಾದದ್ದು, ಮತ್ತು ಇವುಗಳ ಒಟ್ಟಾದ ಕ್ರಿಯೆಯಿಂದ ಉಂಟಾದ ಒತ್ತಡವು ಒಂದು ಎಂಜಿನಿನ ಆಡುಬೆಣೆಯನ್ನು ಚಲಿಸುವಂತೆಮಾಡುವುದು, ಸಿಡಿಗುಂಡನ್ನು ಸಿಡಿಸುವುದು ಅಥವಾ ಆಕಾಶಬುಟ್ಟಿಯನ್ನು ಉಬ್ಬಿಸಿ ಒಡೆಯುವುದು. ಅನಿಲಗಳ ಹೊಡೆತಗಳ ಆಲಿಕಲ್ಲು ಮಳೆ–ಇದೇ ವಾಯುವಿನ ಒತ್ತಡ, ಇದೇ ಕುದಿಯುತ್ತಿರುವ ಚಹದ ಪಾತ್ರೆಯ ಮುಚ್ಚಳವು ಎಗರುವಂತೆ ಮಾಡುವುದು, ಒಂದು ಬಂದೂಕಿನೊಳಗಿನಿಂದ ಗುಂಡನ್ನು ಹೊರದೂಡುವ ಬಲವು ಇದೇ.

ಅನಿಲದ ಒತ್ತಡವು ಯಾವುದಕ್ಕೆ ಸಂಬಂಧಿಸಿದೆ ? ಒಂದೊಂದು ಅಣುವಿನ ಹೊಡೆತವು ಬಲವಾಗಿದ್ದಷ್ಟೂ, ಒತ್ತಡವು ಜಾಸ್ತಿಯಾಗಿರುವುದೆಂಬುದು ಸ್ಪಷ್ಟ. ಒತ್ತಡವು ಒಂದು ಸೆಕೆಂಡಿನಲ್ಲಿ ಬೀಳುವ ಹೊಡೆತಗಳ ಸಂಖ್ಯೆಯನ್ನು ಅವಲಂಬಿಸಿರುತ್ತದೆ ಎಂಬುದೂ ಅಷ್ಟೇ ಸ್ಪಷ್ಟವಾಗಿರುವುದು. ಪಾತ್ರೆಯಲ್ಲಿ ಎಷ್ಟು ಹೆಚ್ಚು ಅಣುಗಳಿದ್ದರೆ, ಹೊಡೆತಗಳು ಅಷ್ಟು ಹೆಚ್ಚುಸಲ ಬೀಳುತ್ತವೆ ಮತ್ತು ಒತ್ತಡವು ಅಷ್ಟು ಹೆಚ್ಚಾಗಿರುತ್ತದೆ. ಆದ್ದರಿಂದ ಒಂದು ನಿರ್ದಿಷ್ಟ ಅನಿಲದ ಒತ್ತಡ $p$ ಎಂಬುದು ಮೊದಲಿಗೆ ಅದರ ಸಾಂದ್ರತೆಗೆ ಅನುಲೋಮ ಸಂಬಂಧದಲ್ಲಿರುತ್ತದೆ.

ಅನಿಲದ ದ್ರವ್ಯಾಂಶವು ಅವ್ಯತ್ಯಸ್ತವಾಗಿದ್ದು, ಅದರ ಘನ ಅಳತೆಯನ್ನು ಕಡಿಮೆ ಮಾಡಿದರೆ, ನಾವು ಅದರ ಸಾಂದ್ರತೆಯನ್ನು ಅದೇ ಪ್ರಮಾಣದಲ್ಲಿ ಹೆಚ್ಚಿಸುತ್ತೇವೆ. ಆದ್ದರಿಂದ ಮುಚ್ಚಿರುವ ಪಾತ್ರೆಯಲ್ಲಿ ಒತ್ತಡವು ಅದರ ಘನ ಅಳತೆಗೆ ಪ್ರತಿಲೋಮವಾಗಿರುವುದು. ಅಥವಾ, ಬೇರೆ ವಿಧದಲ್ಲಿ ಹೇಳಬೇಕಾದರೆ, ಒತ್ತಡ ಮತ್ತು ಘನ ಅಳತೆ ಇವುಗಳ ಗುಣಲಬ್ಧವು ಅವ್ಯತ್ಯಸ್ತವಾಗಿರಬೇಕು :

$pV =$ ನಿಯತಾಂಕ

ಈ ಸರಳ ನಿಯಮವನ್ನು ಇಂಗ್ಲೆಂಡಿನ ಭೌತವಿಜ್ಞಾನಿ ರಾಬರ್ಟ್ ಬಾಯಲ್ (1627–1691) ಮತ್ತು ಫ್ರೆಂಚ್ ವಿಜ್ಞಾನಿ ಎಡ್ಮೆ ಮ್ಯಾರಿಯಟ್ (ಸು. 1620–1684) ಎಂಬವರು ಕಂಡುಹಿಡಿದರು. **ಬಾಯಲ್‌ನ ನಿಯಮವು** (ಇದಕ್ಕೆ **ಮ್ಯಾರಿಯಟ್‌ನ ನಿಯಮ** ಎಂದೂ ಹೆಸರು) ಭೌತವಿಜ್ಞಾನದ ಚರಿತ್ರೆಯಲ್ಲಿ ಮೊತ್ತ ಮೊದಲಿನ ಪರಿಮಾಣಾತ್ಮಕ ನಿಯಮಗಳಲ್ಲಿ ಒಂದು. ಅದು ಉಷ್ಣಾಂಶವು ಒಂದೇ ಆಗಿದ್ದಾಗ ಮಾತ್ರ ಊರ್ಜಿತವಾಗಿರುವುದೆಂಬುದೇನೋ ನಿಜ.

ಅನಿಲವನ್ನು ಸಂಕೋಚಪಡಿಸಿದಂತೆಲ್ಲಾ, ಬಾಯಲ್ ಸಮೀಕರಣದ ಸತ್ಯತೆಯು ವಿಷಮಗೊಳ್ಳುವುದು. ಅಣುಗಳು ಪರಸ್ಪರ ಸಮೀಪಕ್ಕೆ ಬರುವುವು ಮತ್ತು ಅವುಗಳ ನಡುವಿನ ಪರಸ್ಪರ ಕ್ರಿಯೆಗಳು ಅನಿಲದ ಚರ್ಯೆಯ ಮೇಲೆ ಪ್ರಭಾವ ಬೀರುವುದಕ್ಕೆ ಪ್ರಾರಂಭಿಸುತ್ತವೆ.

ಅನಿಲದ ಅಣುಗಳ ನಡುವಿನ ಪರಸ್ಪರ ಕ್ರಿಯೆಯ ಬಲಗಳ ವ್ಯತಿಕರಣವು ಸಂಪೂರ್ಣವಾಗಿ ಅಲ್ಪ ಪ್ರಮಾಣದವುಗಳಾಗಿರುವ ಸಂದರ್ಭಗಳಲ್ಲಿ ಬಾಯಲ್‌ನ ನಿಯಮವು ಊರ್ಜಿತವಾಗಿರುವುದು. ಇದರಿಂದಾಗಿ ಬಾಯಲ್‌ನ ನಿಯಮವನ್ನು ಆದರ್ಶ ಅನಿಲಗಳ ನಿಯಮವೆಂದೂ ಹೇಳುವರು.

"ಅನಿಲ" ಎಂಬ ಪದದೊಡನೆ "ಆದರ್ಶ" ಎಂಬ ವಿಶೇಷಣವು ಹಾಸ್ಯಕರವಾಗಿ ಕಾಣುತ್ತದೆ. "ಆದರ್ಶ" ಎಂದರೆ ಅನ್ಯೂನ (ಸಂಪೂರ್ಣವಾಗಿ ದೋಷವಿಲ್ಲದುದು), ಅಂದರೆ ಅದಕ್ಕಿಂತ ಉತ್ತಮವಾಗಿರಲು ಸಾಧ್ಯವಿಲ್ಲ.

ಒಂದು ಮಾದರಿ ಅಥವಾ ರೇಖಾಚಿತ್ರವು ಸರಳವಾಗಿದ್ದಷ್ಟೂ ಭೌತವಿಜ್ಞಾನಿಗೆ ಅದು ಹೆಚ್ಚು ಆದರ್ಶಪ್ರಾಯವಾದುದೆಂದು ತೋರುವುದು. ಗಣನೆಗಳು ಸುಲಭವಾಗುವುವು. ಭೌತಿಕ ವಿದ್ಯಮಾನಗಳ ವಿವರಣೆಗಳು ಸುಲಭವೂ ಮತ್ತು ಹಿತವೂ ಆಗುವುವು. "ಆದರ್ಶ ಅನಿಲ" ಎಂಬ ಪದವು ಒಂದು ಅನಿಲದ ಅತ್ಯಂತ ಸರಳ ರೂಪದ ಮಾದರಿಗೆ ಅನ್ವಯವಾಗುತ್ತದೆ. ಸಾಕಷ್ಟು ವಿರಳಮಾಡಲ್ಪಟ್ಟ ಅನಿಲದ ವರ್ತನೆಯು ಆದರ್ಶ ಅನಿಲಗಳ ವರ್ತನೆಯಿಂದ ಬೇರೆಯಾಗಿ ಕಾಣುವುದಿಲ್ಲ.

ದ್ರವಗಳ ಸಂಕೋಚ್ಯತೆಯು ಅನಿಲಗಳಿಗಿಂತ ಬಹುಮಟ್ಟಿಗೆ ಕಡಿಮೆ. ಒಂದು

ದ್ರವದಲ್ಲಿ ಅಣುಗಳು ಆಗಲೇ ಪರಸ್ಪರ "ಸಂಸ್ಪರ್ಶ"ವುಳ್ಳವುಗಳಾಗಿವೆ. ಸಂಕೋಚನವು ಅಣುಗಳು "ಅಡಕವಾಗಿರುವುದನ್ನು" ಉತ್ತಮಗೊಳಿಸುತ್ತದೆ ಅಷ್ಟೇ ಮತ್ತು ಅತಿ ಹೆಚ್ಚು ಒತ್ತಡಗಳಲ್ಲಿ ಅಣುಗಳನ್ನೇ ಒತ್ತುತ್ತದೆ. ವಿಕರ್ಷಕ ಬಲಗಳು ದ್ರವದ ಸಂಕೋಚನವನ್ನು ಎಷ್ಟುಮಟ್ಟಿಗೆ ಅಡ್ಡಿಗಟ್ಟುವುದೆಂಬುದನ್ನು ಮುಂದಿನ ಅಂಕಿಗಳಿಂದ ಕಾಣಬಹುದು. ಒತ್ತಡವು ಒಂದರಿಂದ ಎರಡು ವಾಯು ಒತ್ತಡಗಳಿಗೆ ಹೆಚ್ಚಿದರೆ, ಅನಿಲದ ಘನ ಅಳತೆಯು ಎರಡು ಅಪವರ್ತನದಷ್ಟು ಕಡಿಮೆಯಾಗುವುದು, ನೀರಿನ ಘನ ಅಳತೆಯಾದರೋ 1/20 000 ರಷ್ಟೂ ಮತ್ತು ಪಾದರಸದ ಘನ ಅಳತೆಯು ಒಟ್ಟು 1/250 000ರಷ್ಟೂ ವ್ಯತ್ಯಾಸವಾಗುವುದು.

ಸಾಗರದೊಳಗಿನ ಅಗಾಧವಾದ ಒತ್ತಡವು ಕೂಡ ನೀರನ್ನು ಗಮನಾರ್ಹ ಪ್ರಮಾಣದಲ್ಲಿ ಸಂಕುಚಿಸುವುದಿಲ್ಲ. ನೀರಿನ 10 ಮೀಟರು ಉದ್ದದ ಸ್ತಂಭವು ಒಂದು ವಾಯುಮಂಡಲದ ಒತ್ತಡವನ್ನು ಉಂಟುಮಾಡುತ್ತದೆ. ನೀರಿನ 10 ಕಿ.ಮೀ.ಗಳ ಒಂದು ವರಸೆಯ ಕೆಳಗಿನ ಒತ್ತಡವು 1000 ವಾಯುಮಂಡಲದ ಒತ್ತಡಗಳು. ನೀರಿನ ಗಾತ್ರವು 1000/20 000 ಅಂದರೆ ಇಪ್ಪತ್ತರಲ್ಲಿ ಒಂದು ಭಾಗದಷ್ಟು ಕಡಿಮೆಯಾಗುವುದು.

ಗಟ್ಟಿಪದಾರ್ಥಗಳ ಸಂಕೋಚ್ಯತೆಯು ದ್ರವಗಳದಕ್ಕಿಂತ ಬಹಳ ಬೇರೆಯಲ್ಲ. ಇದು ಸಹಜವೇ, ಏಕೆಂದರೆ ಎರಡು ಸಂದರ್ಭಗಳಲ್ಲಿಯೂ ಅಣುಗಳು ಪರಸ್ಪರ ಸಂಸ್ಪರ್ಶವನ್ನೇ ಹೊಂದಿರುತ್ತವೆಯಾದ್ದರಿಂದ, ಸಂಕೋಚನವನ್ನು ಮಾಡಬೇಕಾದರೆ ಆಗಲೆ ತೀವ್ರವಾಗಿ ಒಂದನ್ನೊಂದು ವಿಕರ್ಷಿಸುತ್ತಿರುವ ಅಣುಗಳನ್ನು ಇನ್ನೂ ಹೆಚ್ಚು ಒತ್ತಾಗಿ ಕೂಡಿಸಬೇಕು. 50–100 ಸಾವಿರ ವಾಯುಮಂಡಲಗಳ ಒತ್ತಡದಷ್ಟು ಅತಿ ಹೆಚ್ಚಾದ ಒತ್ತಡಗಳ ಮೂಲಕ ಉಕ್ಕನ್ನು ಅದರ ಸಲೆಯ ಒಂದು ಸಾವಿರದಲ್ಲಿ ಒಂದು ಭಾಗದಷ್ಟೂ, ಸೀಸವನ್ನು ಏಳರಲ್ಲಿ ಒಂದು ಭಾಗದಷ್ಟೂ ಸಂಕುಚಿಸಬಹುದು.

ಭೂಮಿಯಲ್ಲಿನ ಪ್ರಸಕ್ತ ಸ್ಥಿತಿಯಲ್ಲಿ ಗಟ್ಟಿ ಪದಾರ್ಥವನ್ನು ಗಮನಾರ್ಹವಾದ ಪ್ರಮಾಣದಲ್ಲಿ ಸಂಕುಚಿಸುವುದು ಸಾಧ್ಯವಿಲ್ಲವೆಂಬುದು ಈ ದೃಷ್ಟಾಂತಗಳಿಂದ ವ್ಯಕ್ತವಾಗುವುದು.

ಆದರೆ ವಿಶ್ವದಲ್ಲಿ ದ್ರವ್ಯವು ಅತಿ ಹೆಚ್ಚು ಬಲವತ್ತರವಾಗಿ ಸಂಕುಚಿಸಲ್ಪಟ್ಟಿರುವ

ಕಾಯಗಳು ಇರುವುವು. ದ್ರವ್ಯದ ಸಾಂದ್ರತೆಯು 106 ಗ್ರಾಂ/(ಸೆಂ.ಮಿ)$^3$ ಅಷ್ಟು ಇರುವ ನಕ್ಷತ್ರಗಳ ಇರುವಿಕೆಯನ್ನು ಖಗೋಳ ವಿಜ್ಞಾನಿಗಳು ಕಂಡುಹಿಡಿದಿರುವರು. "ಬಿಳಿಯ ಗುಜ್ಜಾರಿ" ಎಂಬ ಹೆಸರಿನ (ಅವುಗಳ ಜ್ಯೋತಿಯ ಕಾರಣದಿಂದ "ಬಿಳಿಯ" ಅವುಗಳ ಸಣ್ಣ ಆಕಾರದ ಕಾರಣದಿಂದ "ಗುಜ್ಜಾರಿ") ಈ ನಕ್ಷತ್ರಗಳ ಒಳಗೆ ಅತಿ ಹೆಚ್ಚು ಪ್ರಮಾಣದ ಒತ್ತಡವಿರಬೇಕು.

## ಮೇಲ್ಮೈ ತುಯ್ತ

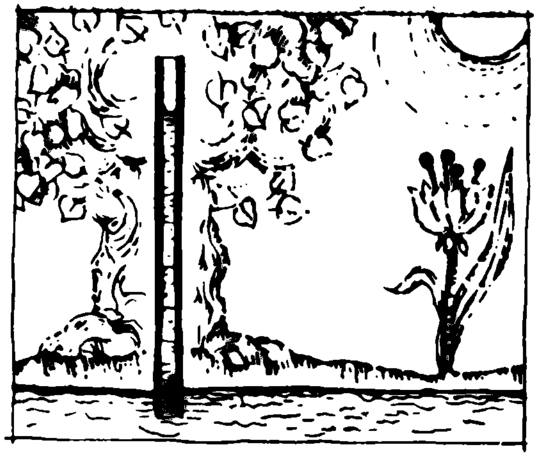
ನೀರಿನೊಳಗಿನಿಂದ ಒದ್ದೆಯಾಗದೆ ಹೊರಗೆ ಬರಲು ಸಾಧ್ಯವೇ ? ಆಗಬಹುದು. ಅಂದರೆ ಮೈಗೆಲ್ಲಾ ಒದ್ದೆಯಾಗದಂತಹ ಪದಾರ್ಥವನ್ನು ಹಚ್ಚಿಕೊಂಡರೆ.

ನಿಮ್ಮ ಬೆರಳಿಗೆ ಪ್ಯಾರಫಿನ್ ಹಚ್ಚಿಕೊಂಡು ನೀರಿನೊಳಗೆ ಇಡಿ. ನೀವು ಅದನ್ನು ಹೊರಕ್ಕೆ ತೆಗೆದಾಗ, ಎರಡು ಮೂರು ಹನಿ ಮಾತ್ರ ಇರುವುದನ್ನು ಕಾಣುವಿರಿ. ಸ್ವಲ್ಪ ಅಲುಗಿಸಿ–ಆ ಹನಿಗಳೂ ಬಿದ್ದು ಹೋಗುವುವು.

ಈ ಸಂದರ್ಭದಲ್ಲಿ ನೀರು ಪ್ಯಾರಫಿನ್ನನ್ನು ಒದ್ದೆಮಾಡುವುದಿಲ್ಲವೆಂದು ಹೇಳುತ್ತೇವೆ. ಪಾದರಸವು ಪ್ರಾಯಶಃ ಎಲ್ಲಾ ಗಟ್ಟಿ ಕಾಯಗಳೊಡನೆಯೂ ಇದೇ ರೀತಿ ವರ್ತಿಸುತ್ತದೆ: ಅದು ಚರ್ಮ, ಗಾಜು, ಅಥವಾ ಮರ ಇವುಗಳನ್ನು ಒದ್ದೆ ಮಾಡುವುದಿಲ್ಲ.

ನೀರು ಇದಕ್ಕಿಂತ ಹೆಚ್ಚು ಚಂಚಲ ವರ್ತನೆಯುಳ್ಳದ್ದು. ಅದು ಕೆಲವು ಕಾಯಗಳಿಗೆ ನಿಕಟವಾಗಿ ಅಂಟಿಕೊಳ್ಳುತ್ತದೆ, ಮತ್ತೆ ಕೆಲವುಗಳನ್ನು ಮುಟ್ಟದೆ ಇರಲು ಪ್ರಯತ್ನಿಸುತ್ತದೆ. ನೀರು ಎಣ್ಣೆ ಒಳಿದ ಮೇಲ್ಮೈಗಳನ್ನು ಒದ್ದೆಮಾಡುವುದಿಲ್ಲ. ಆದರೆ ಗಾಜನ್ನು ಪೂರ್ತಿ ಒದ್ದೆಮಾಡುತ್ತದೆ. ನೀರು ಮರ, ಕಾಗದ ಮತ್ತು ಉಣ್ಣೆ ಇವುಗಳನ್ನು ಒದ್ದೆಮಾಡುತ್ತದೆ.

ಶುಭ್ರವಾದ ಒಂದು ಗಾಜಿನ ತಟ್ಟೆಯ ಮೇಲೆ ಒಂದು ತೊಟ್ಟು ನೀರನ್ನು ಇಟ್ಟರೆ ಅದು ಹರಡಿಕೊಂಡು, ಆಳವಿಲ್ಲದ ಒಂದು ಸಣ್ಣ ಗುಂಡಿಯಾಗುತ್ತದೆ. ಪ್ಯಾರಫಿನ್ನಿನ ಮೇಲೆ ಇಂತಹ ತೊಟ್ಟನ್ನು ಇಟ್ಟರೆ, ಅದು ಹೆಚ್ಚು ಕಡಿಮೆ ಗೋಳಾ



ಚಿತ್ರ 2.4

ಕಾರವ ಮತ್ತು ಗುರುತ್ವದಿಂದ ಸ್ವಲ್ಪ ತಟ್ಟೆಯಾದ ಒಂದು ತೊಟ್ಟಾಗಿಯೇ ಉಳಿಯುತ್ತದೆ.

ಪ್ರಾಯಶಃ ಎಲ್ಲಾ ಪದಾರ್ಥಗಳಿಗೂ "ಅಂಟಿಕೊಳ್ಳುವ" ವಸ್ತುಗಳಲ್ಲಿ ಸೀಮೆ ಎಣ್ಣೆಯೂ ಒಂದು. ಗಾಜು ಅಥವಾ ಲೋಹದುದ್ದಕ್ಕೂ ಹರಿಯುವ ಪ್ರಯತ್ನದಲ್ಲಿ ಸೀಮೆಎಣ್ಣೆಯು ಸಡಿಲವಾಗಿ ಮುಚ್ಚಿದ ಪಾತ್ರೆಯಿಂದ ನುಸುಳಿ ಹೊರಬರಬಹುದು. ಚೆಲ್ಲಿದ ಸೀಮೆಎಣ್ಣೆಯ ಒಂದು ಗುಂಡಿಯು ನಮಗೆ ಸಾಕಷ್ಟು ಉಪದ್ರವ ಕೊಡ ಬಲ್ಲದು. ಅದು ದೊಡ್ಡ ಮೇಲ್ಮೈಯನ್ನು ಆಕ್ರಮಿಸುವುದು. ಸಂದುಗಳಲ್ಲಿ ತೂರಿ ಕೊಳ್ಳುವುದು ಮತ್ತು ಬಟ್ಟೆಗಳಲ್ಲಿ ಸೇರಿಕೊಳ್ಳುವುದು. ಇದರಿಂದಾಗಿ ಅದರ ದುರ್ವಾಸನೆಯನ್ನು ಹೋಗಲಾಡಿಸುವುದು ಅಷ್ಟು ಕಷ್ಟ.

ಕಾಯಗಳನ್ನು ಒದ್ದೆಮಾಡದೇ ಹೋಗುವುದರಿಂದ ಕೆಲವು ವಿಚಿತ್ರ ವಿದ್ಯಮಾನ ಗಳು ಸಂಭವಿಸಬಹುದು. ಒಂದು ಸೂಜಿಯನ್ನು ತೆಗೆದುಕೊಂಡು ಅದಕ್ಕೆ ಎಣ್ಣೆ ಯನ್ನು ಹಚ್ಚಿ, ಅದನ್ನು ಜಾಗರೂಕತೆಯಿಂದ ನೀರಿನ ಮೇಲೆ ಮಟ್ಟವಾಗಿಡಿ. ಅದು ಮುಳುಗುವುದಿಲ್ಲ. ಗಮನಿಸಿ ನೋಡಿದರೆ, ಸೂಜಿಯು ನೀರನ್ನು ಕೆಳಕ್ಕೆ ತಳ್ಳಿ ಅದ ರಿಂದ ಆದ ಹಳ್ಳದಲ್ಲಿ ಅಲುಗದೆ ಬಿದ್ದಿರುವುದನ್ನು ನೋಡಬಹುದು. ಆದರೆ ಸ್ವಲ್ಪ ಮಾತ್ರದ ಒತ್ತಡದಿಂದ ಸೂಜಿಯು ತಳಕ್ಕೆ ಬೀಳುತ್ತದೆ. ಹೀಗಾಗಲು. ಅದರ ಹೆಚ್ಚು ಪ್ರಮಾಣದ ಭಾಗವು ನೀರಿನ ಒಳಗೆ ಇರಬೇಕು.

ನೀರಿನ ಮೇಲೆ ತಮ್ಮ ಪಾದಗಳು ಒದ್ದೆಯಾಗದಂತೆ ಶೀಘ್ರಗತಿಯಲ್ಲಿ ಓಡುವವರು ಈ ಸ್ವಾರಸ್ಯಕರವಾದ ಗುಣವನ್ನು ಉಪಯೋಗಿಸಿಕೊಳ್ಳುವರು.

ತೇಲಿಕೆಯಿಂದ ಅದುರುಗಳನ್ನು ಶುದ್ಧಿಮಾಡುವುದಕ್ಕೆ ಒದ್ದೆಯಾಗುವಿಕೆಯನ್ನು ಉಪಯೋಗಿಸುವರು. “ತೇಲಿಕೆ” ಪದದ ಅರ್ಥ “ಮೇಲ್ಮೈಗೆ ಬರುವುದು” ಎಂದು. ಈ ವಿಷಯದ ಮುಖ್ಯ ಅಂಶವು ಹೀಗಿರುವುದು. ಚೆನ್ನಾಗಿ ಪುಡಿಮಾಡಿದ ಅದುರನ್ನು ನೀರು ತುಂಬಿದ ತೊಟ್ಟಿಯಲ್ಲಿ ತುಂಬಿಸುವರು. ಒಂದು ವಿಶಿಷ್ಟವಾದ ಎಣ್ಣೆಯನ್ನು ಅದಕ್ಕೆ ಸ್ವಲ್ಪ ಸೇರಿಸುವರು; ಈ ಎಣ್ಣೆಯು ಆ ಖನಿಜದ ಕಣಗಳನ್ನು ಒದ್ದೆಮಾಡಬೇಕು, (ಅದುರಿನಲ್ಲಿರುವ ಅನುಪಯುಕ್ತವಾದ ಕಲ್ಲು ಅಥವಾ ಖನಿಜಗಳಾದ) ಶಿಲೆಯ ಕಣಗಳನ್ನು ಒದ್ದೆ ಮಾಡಕೂಡದು. ಒಟ್ಟುಕೂಡಿಸಿದಾಗ, ಖನಿಜದ ಕಣಗಳು ಎಣ್ಣೆಯ ತೆಳುವಾದ ಪದರದಿಂದ ಮುಚ್ಚಲ್ಪಟ್ಟಿರುತ್ತವೆ.

ಅದುರು, ನೀರು ಮತ್ತು ಎಣ್ಣೆ ಇವುಗಳ ಕಪ್ಪಾದ ಬೆರಕೆಯೊಳಕ್ಕೆ ಗಾಳಿಯನ್ನು ಊದಿಬಿಡುವರು, ಆಗ ಗಾಳಿಯ ಸಣ್ಣ ಗುಳ್ಳೆಗಳು – ಅಂದರೆ ನೊರೆ– ಏರ್ಪಡುವುವು. ಗಾಳಿಯ ಗುಳ್ಳೆಗಳು ಮೇಲ್ಮೈಗೆ ತೇಲಿಬರುವುವು. ಹೀಗೆ ತೇಲುವುದು ಏಕೆಂದರೆ ಎಣ್ಣೆ ಸವರಿದ ಕಣಗಳು ಗಾಳಿಯ ಗುಳ್ಳೆಗಳಿಗೆ ಅಂಟಿಕೊಳ್ಳುವುವು. ಒಂದು ದೊಡ್ಡ ಗುಳ್ಳೆಯು ಸಣ್ಣ ಕಣ ಒಂದನ್ನು ಆಕಾಶ ಬುರುಡೆಯಂತೆ ಮೇಲಕ್ಕೆ ಎತ್ತುತ್ತದೆ.

ಖನಿಜವು ಮೇಲ್ಮೈಯಲ್ಲಿ ನೊರೆಯಾಗಿ ಒಟ್ಟುಗೂಡಿ ನಿಲ್ಲುತ್ತವೆ ಮತ್ತು ಶಿಲೆಯು ತಳದಲ್ಲಿ ಉಳಿಯುತ್ತದೆ. ನೊರೆಯನ್ನು ಬೇರ್ಪಡಿಸಿ ತೆಗೆದು ಅದರಿಂದ ಹತ್ತರಲ್ಲಿ ಒಂದು ಭಾಗಕ್ಕಿಂತ ಕಡಿಮೆ ಪ್ರಮಾಣದಲ್ಲಿ ಶಿಲೆಯನ್ನೊಳಗೊಂಡಿರುವ “ಸಾಂದ್ರ”ವನ್ನು ತಯಾರಿಸಲು ಕಳುಹಿಸುವರು.

ಮೇಲ್ಮೈಗಳ ನಡುವಿನ ಸಂಸಕ್ತಿಯ ಬಲಗಳು ಒಂದಕ್ಕೊಂದು ಸಂಸರ್ಗವಿರುವ ಪಾತ್ರೆಗಳಲ್ಲಿನ ದ್ರವದ ಮಟ್ಟದ ಸಮತೆಯನ್ನು ಉಲ್ಲಂಘಿಸಬಲ್ಲವು. ಇದರ ಸತ್ಯತೆಯನ್ನು ಸುಲಭವಾಗಿ ತೋರಿಸಿಕೊಡಬಹುದು.

ಒಂದು ಮಿಲಿಮೀಟರಿನ ಸಣ್ಣ ಅಂಶದ ವ್ಯಾಸವುಳ್ಳ ಒಂದು ಗಾಜಿನ ನಾಳಿಯನ್ನು ನೀರಿನಲ್ಲಿ ಅದ್ದಿದರೆ, ಸಂಸರ್ಗವಿರುವ ಪಾತ್ರೆಗಳ ನಿಯಮವನ್ನು ಉಲ್ಲಂಘಿಸಿ,

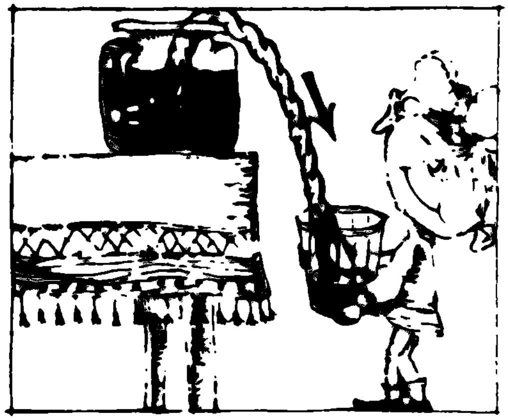
ಅವರಲ್ಲಿನ ನೀರು ಬೇಗನೆ ಮೇಲಕ್ಕೆ ಏರುತ್ತದೆ ಮತ್ತು ಅದರ ಮಟ್ಟವು ಪಾತ್ರೆಯೊಳಗಿನ ನೀರಿನ ಮಟ್ಟಕ್ಕಿಂತ ಬಹಳ ಎತ್ತರದಲ್ಲಿರುತ್ತದೆ (ಚಿತ್ರ 2.4).

ಹಾಗಾದರೆ ಏನಾಯ್ತು ? ಮೇಲಕ್ಕೆ ಏರಿರುವ ನೀರಿನ ಸ್ತಂಭದ ಭಾರವನ್ನು ತಡೆದುಕೊಂಡಿರುವ ಬಲಗಳು ಯಾವುವು ? ಈ ಏರುವಿಕೆಯು ನೀರು ಮತ್ತು ಗಾಜು ಇವುಗಳ ಸಂಸಕ್ತಿಯ ಬಲಗಳ ಸಹಾಯದಿಂದ ನೆರವೇರಿಸಲ್ಪಟ್ಟಿತು.

ಮೇಲ್ಮೈಗಳ ನಡುವಿನ ಸಂಸಕ್ತಿ ಬಲಗಳು ಒಂದು ತೆಳ್ಳನೆಯ ನಾಳಿಕೆಯಲ್ಲಿ ನೀರು ಮೇಲಕ್ಕೆ ಏರಿದಾಗ ಮಾತ್ರ ಕಾಣಿಸಿಕೊಳ್ಳುವುವು ಎಂಬುದು ಸ್ಪಷ್ಟ. ನಾಳಿಕೆಯು ತೆಳುವಾದಷ್ಟೂ, ನೀರಿನ ಏರಿಕೆಯು ಹೆಚ್ಚುವುದು. ಮತ್ತು ಈ ವಿದ್ಯಮಾನವು ಇನ್ನೂ ಹೆಚ್ಚು ಸ್ಪಷ್ಟವಾಗಿ ಕಾಣುವುದು. ಈ ಮೇಲ್ಮೈಗೆ ಸಂಬಂಧಿಸಿದ ವಿದ್ಯಮಾನಗಳ ಹೆಸರು ಆ ನಾಳಿಕೆಗಳ ಹೆಸರಿಗೆ ಸಂಬಂಧಿಸಿದೆ. ಇಂತಹ ಒಂದು ನಾಳಿಕೆಯ ಒಳಗಡೆಯ ವ್ಯಾಸವನ್ನು ಒಂದು ಮಿಲಿಮೀಟರಿನ ಸಣ್ಣ ಅಂಶದಲ್ಲಿ ಅಳೆಯಬೇಕು – ಇಂತಹ ನಾಳಿಕೆಯನ್ನು "ಲೋಮನಾಳ" (Capillary tube) (ಅಂದರೆ ಕೂದಲಿನಷ್ಟು ತೆಳುವಾದುದು) ಎಂದು ಕರೆಯುತ್ತಾರೆ. ತೆಳುವಾದ ನಾಳಿಕೆಗಳಲ್ಲಿ ದ್ರವಗಳು ಮೇಲಕ್ಕೆ ಏರುವುದನ್ನು ಲೋಮನಾಳಕರ್ಷಣವೆಂದು ಕರೆಯುತ್ತಾರೆ.

ಆದರೆ ಲೋಮನಾಳಿಕೆಗಳು ದ್ರವವನ್ನು ಎಷ್ಟು ಎತ್ತರಕ್ಕೆ ಎತ್ತಬಲ್ಲವು ? 1 ಮಿ.ಮೀ ವ್ಯಾಸದ ನಾಳಿಕೆಯಲ್ಲಿ ನೀರು 1.5 ಮಿ.ಮೀ ಎತ್ತರಕ್ಕೆ ಏರುತ್ತದೆಂದು ಗೊತ್ತಾಗುತ್ತದೆ. ವ್ಯಾಸವು 0.01 ಮಿ.ಮೀ ಆದರೆ, ನೀರಿನ ಏರಿಕೆಯ ಎತ್ತರವು ವ್ಯಾಸವು ಕಡಿಮೆಯಾಗುವ ಪ್ರಮಾಣದಲ್ಲಿಯೇ ಹೆಚ್ಚಾಗುತ್ತದೆ, ಅಂದರೆ 15 ಸೆಂ.ಮೀ.

ದ್ರವದ ಮಟ್ಟದ ಏರಿಕೆಯು ಒದ್ದೆಯಾಗುವ ಸನ್ನಿವೇಶದಲ್ಲಿ ಮಾತ್ರ ಸಂಭವಿಸುವುದೆಂಬುದೇನೋ ನಿಜ. ಗಾಜು ನಾಳಿಕೆಗಳಲ್ಲಿ ಪಾದರಸವು ಏರುವುದಿಲ್ಲವೆಂದು ಊಹಿಸುವುದು ಕಷ್ಟವಲ್ಲ. ಇದಕ್ಕೆ ಪ್ರತಿಯಾಗಿ, ಗಾಜು ನಾಳಿಕೆಗಳಲ್ಲಿ ಪಾದರಸದ ಮಟ್ಟವು ಇಳಿಯುತ್ತದೆ. ಪಾದರಸವು ಗಾಜಿನ "ಸಂಪರ್ಕ"ವನ್ನು ಎಷ್ಟುಮಟ್ಟಿಗೆ



ಚಿತ್ರ 2.5

"ಸ್ಥೈರಿಸಲಾರದು" ಎಂದರೆ, ಅದು ಗುರುತ್ವವು ಅವಕಾಶ ಕೊಡುವ ಕನಿಷ್ಠ ಪ್ರಮಾಣದ ಮಟ್ಟಕ್ಕೆ ಒಟ್ಟು ಮೇಲ್ಮೈಯನ್ನು ಇಳಿಸಲು ಪ್ರಯತ್ನಪಡುವುದು.

ಅತಿ ತೆಳುವಾದ ನಾಳಿಕೆಗಳ ಸಮೂಹಗಳಂತೆ ಇರುವ ಅನೇಕ ಕಾಯಗಳಿವೆ. ಇಂತಹ ಕಾಯಗಳಲ್ಲಿ ಲೋಮನಾಳದಲ್ಲಿನಂತಹ ವಿದ್ಯಮಾನಗಳನ್ನು ಯಾವಾಗಲೂ ಕಾಣಬಹುದು.

ಗಿಡಗಳು ಮತ್ತು ಮರಗಳು ಉದ್ದವಾದ ನಾಳಗಳ ಮತ್ತು ಸಣ್ಣ ರಂಧ್ರಗಳ ಸಮಗ್ರ ವ್ಯವಸ್ಥೆಯನ್ನು ಹೊಂದಿರುವುವು. ಈ ನಾಳಗಳ ವ್ಯಾಸಗಳು ಒಂದು ಮಿಲ್ಲಿ ಮೀಟರಿನಲ್ಲಿ ನೂರರ ಒಂದು ಭಾಗಕ್ಕಿಂತ ಕಡಿಮೆಯಾಗಿರುವುವು. ಇದರಿಂದಾಗಿ ಲೋಮನಾಳ ಬಲಗಳು ಮಣ್ಣಿನೊಳಗಿನ ತೇವವನ್ನು ಬಹು ಎತ್ತರಕ್ಕೆ ಎತ್ತುತ್ತವೆ ಮತ್ತು ಗಿಡದ ಎಲ್ಲಾ ಭಾಗಗಳಲ್ಲೂ ನೀರನ್ನು ಪ್ರಸರಿಸುತ್ತದೆ.

ಒತ್ತುವ ಕಾಗದವು ಬಹಳ ಅನುಕೂಲಕರವಾದ ಪದಾರ್ಥ. ನೀವು ಒಂದು ಪುಟದ ಮೇಲೆ ಸ್ವಲ್ಪ ಮಸಿಯನ್ನು ಚೆಲ್ಲಿದಿರಿ. ಮತ್ತು ಪುಟವನ್ನು ತಿರುವಿ ಹಾಕಬೇಕೆಂದು ಬಯಸುವಿರಿ. ಆದರೆ ಇದಕ್ಕಾಗಿ ಮಸಿಯು ಒಣಗುವವರೆಗೂ ನೀವು ಕಾಯುವುದಿಲ್ಲ. ಒಂದು ಒತ್ತುವ ಕಾಗದದ ಹಾಳೆಯನ್ನು ತೆಗೆದುಕೊಂಡು ಅದರ ಒಂದು ಅಂಚನ್ನು ಮಸಿಯ ತೊಟ್ಟಿನಲ್ಲಿ ಅದ್ದುವಿರಿ. ಆಗ ಮಸಿಯು ಗುರುತ್ವಕ್ಕೆ ವಿರುದ್ಧವಾಗಿ ಮೇಲುಗಡೆಗೆ ಅತಿ ಶೀಘ್ರವಾಗಿ ಏರುವುದು.

ಲೋಮನಾಳದಲ್ಲಿನ ವಿದ್ಯಮಾನದ ಒಂದು ನಿದರ್ಶನ ರೂಪದ ಘಟನೆಯು ಸಂಭವಿಸಿತು. ನೀವು ಒಂದು ಸೂಕ್ಷ್ಮದರ್ಶಕದ ಮೂಲಕ ಒತ್ತುವ ಕಾಗದವನ್ನು ನೋಡಿದರೆ, ಅದರ ರಚನೆಯು ನಿಮಗೆ ಕಾಣುವುದು. ಇಂತಹ ಕಾಗದವು ಕಾಗದದ ಎಳೆಗಳು ಒಂದಕ್ಕೊಂದು ಸೇರಿ ಆದ ತೆಳುವೂ ಮತ್ತು ಉದ್ದವೂ ಆದ ನಾಳಗಳ ಒಂದು ವಿರಳವಾದ ಜಾಲಬಂಧದಿಂದ ರಚಿತವಾಗಿರುವುದು. ಈ ನಾಳಗಳು ಲೋಮನಾಳಗಳ ಪಾತ್ರವನ್ನು ವಹಿಸುತ್ತವೆ.

ಎಳೆಗಳಿಂದ ಆದ ಉದ್ದವಾದ ಕೂಪಗಳ ಅಥವಾ ನಾಳಗಳ ಗುಂಪು ಬತ್ತಿಗಳಲ್ಲಿಯೂ ಇರುತ್ತದೆ. ಒಂದು ದೀಪದ ಬತ್ತಿಯ ಮೂಲಕ ಸೀಮೆಎಣ್ಣೆಯು ಏರುತ್ತದೆ. ಒಂದು ಬತ್ತಿಯ ಸಹಾಯದಿಂದ ಒಂದು ಇಳಿಗೊಳವೆಯನ್ನೂ ಆಗಗೊಡಿಸಬಹುದು, ಹೇಗೆಂದರೆ ಅದರ ಒಂದು ತುದಿಯನ್ನು ಭಾಗಶಃ ನೀರಿನಿಂದ ತುಂಬಿದ ಒಂದು ಲೋಟದಲ್ಲಿ ಇಟ್ಟು, ಅಂಚಿನಿಂದ ಹೊರಗಡೆಗೆ ತೂಗುತ್ತಿರುವ ಅದರ ಮತ್ತೊಂದು ತುದಿಯು ಮೊದಲನೆಯದಕ್ಕಿಂತ ತಗ್ಗಾಗಿರುವಂತೆ ಇಡುವುದು (ಚಿತ್ರ 2.5).

ಬಟ್ಟೆಯು ಅದರ ದಾರಗಳಿಂದ ಏರ್ಪಟ್ಟ ತೆಳುವಾದ ರಂಧ್ರಗಳ ಮೂಲಕ ದ್ರವವನ್ನು ಸೆಳೆದುಕೊಳ್ಳುವ ಶಕ್ತಿಯನ್ನು ಅನೇಕ ಸಲ ಬಣ್ಣ ಹಾಕುವ ಕೈಗಾರಿಕೆಯ ತಾಂತ್ರಿಕ ವಿಜ್ಞಾನದಲ್ಲಿ ಉಪಯೋಗಿಸಲಾಗುವುದು.

ಈ ಕುತೂಹಲಕರವಾದ ವಿದ್ಯಮಾನಗಳ ಅಣು ಸಂಬಂಧದ ಕಾರ್ಯವಿಧಾನದ ವಿಚಾರವಾಗಿ ಇದುವರೆಗೂ ಏನೂ ಹೇಳಿಲ್ಲ.

ವಿವಿಧ ವಸ್ತುಗಳ ಮೇಲ್ಮೈಯ ತುಯ್ತದ ವ್ಯತ್ಯಾಸಗಳಿಗೆ ಅಣುಗಳ ನಡುವಿನ ಪರಸ್ಪರ ಕ್ರಿಯೆಗಳ ಮೂಲಕ ಬಹಳ ತೃಪ್ತಿಕರವಾದ ವಿವರಣೆ ಕೊಡಬಹುದು.

ಪಾದರಸದ ಒಂದು ಹನಿ ಗಾಜಿನ ಮೇಲೆ ಹರಿದು ಪ್ರಸರಿಸುವುದಿಲ್ಲ. ಇದಕ್ಕೆ ಕಾರಣವೇನೆಂದರೆ ಪಾದರಸದ ಪರಮಾಣುಗಳ ನಡುವಿನ ಪರಸ್ಪರ ಕ್ರಿಯೆಗಳ ಶಕ್ತಿಯು ಗಾಜಿನ ಮತ್ತು ಪಾದರಸದ ಪರಮಾಣುಗಳ ನಡುವಿನ ಸಂಸಕ್ತಿಯ ಶಕ್ತಿಗಿಂತ ಹೆಚ್ಚಾದುದು. ಇದೇ ಕಾರಣದಿಂದಲೇ, ತೆಳುವಾದ ಲೋಮನಾಳಗಳಲ್ಲಿ ಪಾದರಸವು ಮೇಲಕ್ಕೆ ಏರುವುದಿಲ್ಲ.

ನೀರಿನ ವಿಚಾರವು ಬೇರೆಯಾಗಿರುವುದು. ನೀರಿನ ಅಣುಗಳಲ್ಲಿನ ಜಲಜನಕದ ಪರಮಾಣುಗಳು ಗಾಜಿನಲ್ಲಿ ಹೆಚ್ಚಾಗಿರುವ ಸಿಲಿಕದಲ್ಲಿನ ಆಮ್ಲಜನಕದ ಪರಮಾಣುಗಳೊಡನೆ ಸುಲಭವಾಗಿ ಅಂಟಿಕೊಳ್ಳುತ್ತವೆ ಎಂದು ಗೊತ್ತಾಯ್ತು. ನೀರು–ಗಾಜುಗಳ ಅಣುಗಳ ನಡುವಿನ ಬಲಗಳು ನೀರು–ನೀರು ಅಣುಗಳ ಬಲಗಳಿಗಿಂತ ದೊಡ್ಡ ಪ್ರಮಾಣದವು. ಆದ್ದರಿಂದ ಗಾಜಿನ ಮೇಲ್ಮೈಯಲ್ಲಿ ನೀರು ಒಂದು ಸಣ್ಣ ಪದರವಾಗಿ ಹರಡಿಕೊಳ್ಳುತ್ತದೆ ಮತ್ತು ಲೋಮನಾಳಗಳಲ್ಲಿ ಮೇಲಕ್ಕೆ ಏರುತ್ತದೆ.

ಮೇಲ್ಮೈಯ ತುಯ್ತ ಅಥವಾ, ಹೆಚ್ಚು ನಿಕರವಾಗಿ, ಅನೇಕ ಪದಾರ್ಥಗಳ ಸಂಸಕ್ತಿಯ ಶಕ್ತಿಯನ್ನು (ಚಿತ್ರ 2.1ರಲ್ಲಿನ ಸ್ಥಿತಿಜ ಶಕ್ತಿಯ ಭಾವಿಯ ಆಳ) ಪ್ರಾಯೋಗಿಕವಾಗಿ ಅಳತೆಮಾಡಿಯೂ ಮತ್ತು ಗಣನೆಗಳಿಂದಲೂ ಕಂಡುಹಿಡಿಯಬಹುದು. ಇದನ್ನು ಹೇಗೆ ಮಾಡಬಹುದು ಎಂಬುದರ ಚರ್ಚೆಯು ನಮ್ಮನ್ನು ಪ್ರಸಕ್ತ ವಿಷಯದಿಂದ ಬಹಳ ದೂರಸಾಗಿಸುತ್ತದೆ.

## ಹರಳುಗಳು ಮತ್ತು ಅವುಗಳ ಆಕಾರ

ಹರಳುಗಳು ಅಂದವೂ, ಅಪರೂಪವಾಗಿ ಸಿಕ್ಕುವುವೂ ಆದ ಕಲ್ಲುಗಳೆಂದು ಅನೇಕರು ಭಾವಿಸುವರು. ಅವು ವಿವಿಧ ಬಣ್ಣಗಳದ್ದಾಗಿರುವುವು, ಸಾಮಾನ್ಯವಾಗಿ ಪಾರದರ್ಶಕವಾದವು, ಮತ್ತು ಅತ್ಯಂತ ಗಮನಾರ್ಹವಾದ ವಿಷಯವೆಂದರೆ, ಸುಂದರವೂ, ಕ್ರಮಬದ್ಧವೂ ಆದ ಆಕಾರವುಳ್ಳವುಗಳಾಗಿರುವುವು. ಹರಳುಗಳು ಬಹುತೇಕ ಆದರ್ಶ ಸಮತಲ ಮುಖಗಳು ಮತ್ತು ನಿಷ್ಕೃಷ್ಟವಾಗಿ ಸರಳರೇಖಾ ರೂಪದ ಅಂಚುಗಳೂ ಉಳ್ಳ ಬಹುಮುಖ ಘನಾಕೃತಿಗಳು. ಮುಖವಲ್ಲಿ ಆಶ್ಚರ್ಯಕರವಾದ ಬಣ್ಣಗಳ ಆಟ ಮತ್ತು ಬೆರಗುಗೊಳಿಸುವಂತ ಕ್ರಮಬದ್ಧವಾದ ರಚನಾ ಕ್ರಮ – ಇವುಗಳಿಂದ ಕಣ್ಣಿಗೆ ಆಹ್ಲಾದವನ್ನು ಉಂಟುಮಾಡುವುವು.

ಇವುಗಳ ಪೈಕಿ ನಿಗರ್ವಿಯಾದ ಕಲ್ಲುಪ್ಪು – ನೈಸರ್ಗಿಕ ಸೋಡಿಯಂ ಕ್ಲೋರೈಡ್ ಅಂದರೆ ಸಾಮಾನ್ಯ ಉಪ್ಪು – ಇವರ ಹರಳುಗಳು. ಇವು ನಿಸರ್ಗದಲ್ಲಿ ಆಯಾಕಾರವ ಸಮಾಂತರ ಚತುರ್ಭುಜ ಮುಖಗಳ ಘನಾಕೃತಿ ಅಥವಾ ಘನಾಕೃತಿಗಳ ರೂಪದಲ್ಲಿ ಸಿಕ್ಕುತ್ತವೆ. ಕ್ಯಾಲ್ಸೈಟಿನ ಹರಳುಗಳೂ ಸರಳವಾದ ಆಕಾರವುಳ್ಳವಾಗಿರು

ತ್ರಿವೆ – ಪಾರದರ್ಶಕವಾದ ಸಮಾಂತರ ಚತುರ್ಭುಜ ಮುಖದ ಘನಾಕೃತಿ. ಸ್ಫಟಿಕ ಶಿಲೆಯ ಹರಳುಗಳು ಇದಕ್ಕಿಂತ ಹೆಚ್ಚು ತೊಡಕಾದವುಗಳು. ಪ್ರತಿ ಒಂದು ಸಣ್ಣ ಹರಳೂ ವಿವಿಧ ಆಕಾರದ ಮತ್ತು ಬೇರೆ ಬೇರೆ ಉದ್ದದ ಅಂಚುಗಳಲ್ಲಿ ಸೇರುವ ಅನೇಕ ಮುಖಗಳುಳ್ಳದ್ದಾಗಿರುತ್ತದೆ.

ಅಂದಮಾತ್ರಕ್ಕೆ ಹರಳುಗಳು ಪ್ರದರ್ಶನ ಶಾಲೆಯಲ್ಲಿ ಮಾತ್ರ ಇಟ್ಟಿರಬೇಕಾದ ವಸ್ತುಗಳೆಂದು ಮಾತ್ರ ಎಂದಿಗೂ ತಿಳಿಯಕೂಡದು. ಹರಳುಗಳು ನಮ್ಮನ್ನು ಎಲ್ಲೆಲ್ಲಿಯೂ ಸುತ್ತುವರಿದಿವೆ. ನಾವು ಕಟ್ಟುವ ಮನೆಗಳೂ ಮತ್ತು ತಯಾರಿಸುವ ಯಂತ್ರಗಳೂ ಅಲ್ಲದೆ ನಾವು ದಿನವಹಿ ಜೀವನದಲ್ಲಿ ಬಳಸುವ ಪ್ರಾಯಶಃ ಎಲ್ಲಾ ಪದಾರ್ಥಗಳೂ ಹರಳುಗಳೇ. ಆದರೆ ಇದನ್ನು ನಾವು ಏಕೆ ನೋಡುವುದಿಲ್ಲ ? ಕಾರಣವೇನೆಂದರೆ, ನಿಸರ್ಗದಲ್ಲಿ ಪ್ರತ್ಯೇಕವಾದ ಒಂಟಿ ಹರಳುಗಳು (ಅಥವಾ, "ಮಾನೋಕ್ರಿಸ್ಟಲ್" ಎಂದು ಹೇಳಲ್ಪಡುವುವು) ಸಿಕ್ಕುವುದು ಬಹಳ ಅಪರೂಪ. ಸಾಧಾರಣವಾಗಿ ಪದಾರ್ಥಗಳು ಬಹುಮಟ್ಟಿಗೆ ಒಂದಕ್ಕೊಂದು ಬಿಗಿಯಾಗಿ ಸೇರಿಸಲ್ಪಟ್ಟಿರುವ, ಒಂದು ಮಿಲಿಮೀಟರಿನ ಸಾವಿರದ ಒಂದು ಪಾಲಿಗಿಂತ ಕಡಿಮೆ ಅಳತೆಯ ಬಹುಸಣ್ಣ ಹರಳು ಕಾಳುಗಳ ರೂಪದಲ್ಲಿ ಸಿಕ್ಕುತ್ತವೆ. ಇಂತಹ ರಚನಾ ಕ್ರಮವನ್ನು ಸೂಕ್ಷ್ಮದರ್ಶಕದ ಮೂಲಕ ಮಾತ್ರ ನೋಡಲು ಸಾಧ್ಯ.

ಸಣ್ಣ ಹರಳು ರೂಪದ ಕಾಳುಗಳಿಂದ ರಚಿತವಾದ ಕಾಯಗಳನ್ನು "ಪಾಲಿಕ್ರಿಸ್ಟಲೈನ್" ("ಬಹುಸ್ಫಟಿಕೀಯ") ಎಂದು ಕರೆಯುತ್ತಾರೆ. (ಇದು ಗ್ರೀಕ್ ಭಾಷೆಯಲ್ಲಿನ "Poly" ಎಂದರೆ "ಬಹುಸಂಖ್ಯೆಯ" ಎಂಬ ಪದದಿಂದ ವ್ಯುತ್ಪತ್ತಿ ಪಡೆದಿದೆ).

ಬಹುಸ್ಫಟಿಕೀಯ ಕಾಯಗಳನ್ನೂ ಹರಳುಗಳಲ್ಲಿಯೇ ಸೇರಿಸಬೇಕು. ಆಗ ನಮ್ಮನ್ನು ಸುತ್ತುವರಿದಿರುವ ಪ್ರಾಯಶಃ ಎಲ್ಲಾ ಗಟ್ಟಿ ಕಾಯಗಳೂ ಹರಳುಗಳೇ ಆಗಿರುವುವು. ಮರಳು ಮತ್ತು ಬೆಣಚುಕಲ್ಲು, ತಾಮ್ರ ಮತ್ತು ಕಬ್ಬಿಣ, ಔಷಧ ಅಂಗಡಿಗಳಲ್ಲಿ ಮಾರುವ ಸಲಾಲ್ ಮತ್ತು ಬಣ್ಣ ಇವುಗಳೆಲ್ಲಾ ಹರಳುಗಳು.

ಕೆಲವು ಅಪವಾದಗಳೂ ಇವೆ; ಗಾಜು ಮತ್ತು ಪ್ಲಾಸ್ಟಿಕ್‌ಗಳು ಸಣ್ಣ ಹರಳುಗಳಿಂದ ರಚಿತವಾಗಿರುವುದಿಲ್ಲ. ಇಂತಹ ದೃಢ ಕಾಯಗಳನ್ನು 'ಅಸ್ಫಟಿಕ' ಎಂದು

ಕರೆಯುತ್ತಾರೆ. ಹೀಗಾಗಿ, ಹರಳುಗಳ ಪರಿಶೀಲನೆಯಿಂದ ನಮ್ಮನ್ನು ಸುತ್ತುವರಿದಿರುವ ಪ್ರಾಯಶಃ ಎಲ್ಲಾ ಕಾಯಗಳನ್ನೂ ಪರಿಶೀಲಿಸಿದಂತಾಗುವುದು.

ಒಂಟಿ ಹರಳುಗಳನ್ನು ಅವುಗಳ ನಿಯಮಬದ್ಧ ಆಕೃತಿಗಳಿಂದ ಕೂಡಲೇ ಗುರ್ತಿಸಬಹುದು. ಸಮತಲ ಮುಖಗಳೂ ಮತ್ತು ಸರಳರೇಖೀಯ ಅಂಚುಗಳೂ ಒಂದು ಹರಳಿನ ವಿಶಿಷ್ಟವಾದ ಲಕ್ಷಣಗಳು; ಆಕೃತಿಯ ನಿಯಮಬದ್ಧತೆಯು ಹರಳಿನ ಆಂತರಿಕ ರಚನಾಕ್ರಮದ ನಿಯಮಬದ್ಧತೆಗೆ ಸಂಬಂಧಿಸಿರುವುದೆಂಬುದರಲ್ಲಿ ಸಂದೇಹವೇನೂ ಇಲ್ಲ. ಒಂದು ಹರಳು ನಿರ್ದಿಷ್ಟ ದಿಕ್ಕಿನಲ್ಲಿ ಎಳೆಯಲ್ಪಟ್ಟಿದ್ದರೆ, ಈ ದಿಕ್ಕಿನಲ್ಲಿ ಹರಳಿನ ರಚನೆಯೂ ಯಾವುದಾದರೂ ಒಂದು ವಿಧದಲ್ಲಿ ವಿಶಿಷ್ಟವಾಗಿರಬೇಕೆಂದು ತಿಳಿಯಬೇಕು.

ಆದರೆ ಒಂದು ದೊಡ್ಡ ಹರಳಿನಿಂದ ಯಂತ್ರದ ಮೂಲಕ ಒಂದು ಚೆಂಡು ತಯಾರಿಸಲ್ಪಟ್ಟಿದೆಯೆಂದು ಭಾವಿಸಿಕೊಳ್ಳಿ. ಆಗ ನಮ್ಮ ಕೈಯಲ್ಲಿರುವುದು ಹರಳು ಎಂದು ಗುರ್ತಿಸಲು, ಈ ಚೆಂಡನ್ನು ಒಂದು ಗಾಜಿನ ಚೆಂಡಿನಿಂದ ಬೇರೆಯಾಗಿದೆ ಎಂದು ತಿಳಿಯಲು ಸಾಧ್ಯವೇ ? ಹರಳಿನ ಬೇರೆ ಬೇರೆ ಮುಖಗಳು ಬೇರೆ ಬೇರೆ ಮಟ್ಟಕ್ಕೆ ಬೆಳೆದಿರುವುದರಿಂದ, ಒಂದು ಹರಳಿನ ಭೌತಿಕ ಲಕ್ಷಣಗಳು ಬೇರೆ ಬೇರೆ ದಿಕ್ಕುಗಳಲ್ಲಿ ಬೇರೆ ಬೇರೆಯಾಗಿರಬೇಕೆಂದು ಸೂಚಿತವಾಗುತ್ತದೆ. ಇದು ಹರಳಿನ ಬಲ, ಅದರ ವಿದ್ಯುದ್ವಾಹಕ ಶಕ್ತಿ ಮತ್ತು ಇತರ ಅನೇಕ ಗುಣಗಳಿಗೆಲ್ಲಾ ಅನ್ವಯಿಸುವುದು. ಹರಳಿನ ಈ ವೈಶಿಷ್ಟ್ಯಕ್ಕೆ ಅದರ ಗುಣಗಳ "ವಿಷಮ ದೈಶಿಕತೆ" ಎಂದು ಹೆಸರು. ವಿಷಮ ದೈಶಿಕ ಎಂದರೆ ಬೇರೆ ಬೇರೆ ದಿಕ್ಕುಗಳಲ್ಲಿ ಗುಣಗಳು ಬೇರೆ ಬೇರೆಯಾಗಿರುವುದು.

ಹರಳುಗಳು ವಿಷಮ ದೈಶಿಕವಾದವು. ಇದಕ್ಕೆ ವಿರುದ್ಧವಾಗಿ, ಅಸ್ಫಟಿಕ ಕಾಯಗಳು, ದ್ರವಗಳು ಮತ್ತು ಅನಿಲಗಳು ಸಮದೈಶಿಕವಾದವುಗಳು. ಅಂದರೆ ಬೇರೆ ಬೇರೆ ದಿಕ್ಕುಗಳಲ್ಲಿ ಒಂದೇ ಅವೇ ಗುಣಗಳುಳ್ಳವಾಗಿರುವವು (ಸಮದೈಶಿಕ = isotropic. ಇದು ಗ್ರೀಕ್ ಭಾಷೆಯ isos ಅಂದರೆ 'ಸಮ' ಮತ್ತು tropos ಅಂದರೆ "ತಿರುಗುವುದು" ಇವುಗಳಿಂದ ಬಂದಿದೆ). ಒಂದು ಹರಳಿನ ಗುಣಗಳ ವಿಷಮ ದೈಶಿಕತೆ

ಮೊದಲೇ ಪಾರದರ್ಶಕವಾದ ಮತ್ತು ತನ್ನದೇ ಆದ ಆಕಾರವಿಲ್ಲದ ಪದಾರ್ಥದ ಒಂದು ಚೂರು ಹರಳೋ ಅಲ್ಲವೋ ಎಂಬುದನ್ನು ನಿಶ್ಚಯಿಸಲು ಸಾಧ್ಯವಾಗುವುದು.

ಖನಿಜಗಳ ಸಂಗ್ರಹಶಾಲೆಯೊಂದಕ್ಕೆ ಭೇಟಿಕೊಟ್ಟು ಒಂದೇ ಒಂದು ಪದಾರ್ಥದ ಒಂಟಿ ಹರಳುಗಳ ಬೇರೆ ಬೇರೆ ಮಾದರಿಗಳನ್ನು ಸೂಕ್ಷ್ಮವಾಗಿ ಪರಿಶೀಲಿಸೋಣ. ಪ್ರದರ್ಶಿತವಾದ ಮಾದರಿಗಳಲ್ಲಿ ಕ್ರಮಬದ್ಧ ಆಕಾರವುಳ್ಳವುಗಳೂ ಮತ್ತು ಕ್ರಮಬದ್ಧ ಆಕಾರವಿಲ್ಲದವುಗಳೂ ಎರಡೂ ಇರಬಹುದು. ಕೆಲವು ಹರಳುಗಳು ತುಂಡಾದಂತೆ ಕಾಣುವುವು, ಮತ್ತೆ ಕೆಲವು ಅಸಾಮಾನ್ಯವಾಗಿ ಬೆಳೆದ ಒಂದೆರಡು ಮುಖಗಳುಳ್ಳವುಗಳು.

ಮಾದರಿಗಳ ಸಂಗ್ರಹದಿಂದ ನ್ಯೂನತೆಯಿಲ್ಲದ ಆಕೃತಿಯುಳ್ಳವುಗಳನ್ನು ತೆಗೆದುಕೊಂಡು ಅವುಗಳ ಸ್ಥೂಲ ನಕ್ಷೆಯನ್ನು ಬರೆಯೋಣ. ಆಗ ಕಾಣುವ ರೇಖಾಚಿತ್ರವನ್ನು ಚಿತ್ರ 2.6ರಲ್ಲಿ ತೋರಿಸಿದೆ. ದೃಷ್ಟಾಂತವಾಗಿ ಬೆಣಚುಕಲ್ಲನ್ನು (ಕ್ವಾರ್ಟ್ಸ್) ತೆಗೆದುಕೊಂಡಿದ್ದೇವೆ. ಇತರ ಪದಾರ್ಥಗಳ ಹರಳುಗಳಂತೆಯೇ, ಕ್ವಾರ್ಟ್ಸ್ ಕೂಡ ಒಂದೇ "ಪ್ರಭೇದದ" ಮುಖಗಳನ್ನು ಬೇರೆ ಬೇರೆ ಸಂಖ್ಯೆಗಳಲ್ಲಿಯೂ ಮತ್ತು ಮುಖಗಳ "ಪ್ರಭೇದ"ಗಳನ್ನು ಬೇರೆ ಬೇರೆ ಸಂಖ್ಯೆಗಳಲ್ಲಿಯೂ ವೃದ್ಧಿಸಿರಬಹುದು. ನೋಟಕ್ಕೆ ಅವುಗಳ ಆಕಾರಗಳ ಸಮಾನ ರೂಪವು ವ್ಯಕ್ತಪಡದಿದ್ದರೂ, ಇಂತಹ ಸಣ್ಣ ಹರಳುಗಳು ಹತ್ತಿರ ಸಂಬಂಧಿಗಳಂತೆ ಅಥವಾ ಕೆಲವು ಸಂದರ್ಭಗಳಲ್ಲಿ ಅವಳಿ ಜವಳಿಗಳಂತೆ ಸಮರೂಪವುಳ್ಳವುಗಳಾಗಿರುವುವು. ಈ ಸಾದೃಶ್ಯವು ಏತರಿಂದ ಉಂಟಾಗಿದೆ ?

ಹಲವಾರು ಕ್ವಾರ್ಟ್ಸ್ ಹರಳುಗಳನ್ನು ತೋರಿಸಿರುವ 2.6 ಚಿತ್ರವನ್ನು ಸಾವಧಾನವಾಗಿ ನೋಡಿ. ಅವುಗಳೆಲ್ಲಾ ಹತ್ತಿರದ "ಸಂಬಂಧಿಗಳು". ಬೇರೆ ಬೇರೆ ಮುಖಗಳನ್ನು, ಅವು ತಮ್ಮ ತಮ್ಮ ಪ್ರಾರಂಭದ ಸ್ಥಾನಗಳಿಗೆ ಸಮಾನಾಂತರವಾಗಿಯೇ ಇಟ್ಟುಕೊಂಡಿರುವ ಹಾಗೆ ಬೇರೆ ಬೇರೆ ಪ್ರಮಾಣಗಳಲ್ಲಿ ಉಜ್ಜಿದರೆ, ಅವುಗಳನ್ನು ನಿಜವಾಗಿಯೂ ಸಮರೂಪವುಳ್ಳವುಗಳಾಗಿ ಮಾಡಬಹುದು. ಉದಾಹರಣೆಗೆ, ಈ ರೀತಿಯಲ್ಲಿ IIನೇ ಹರಳು Iನೇ ಹರಳಿಗೆ ಪೂರ್ತಿಯಾಗಿ ಸಮರೂಪದ್ದಾಗುವಂತೆ ಮಾಡಬಹುದೆಂದು ಸ್ಪಷ್ಟವಾಗಿ ತಿಳಿಯಬಹುದು. ಇದು ಏಕೆ ಸಾಧ್ಯ

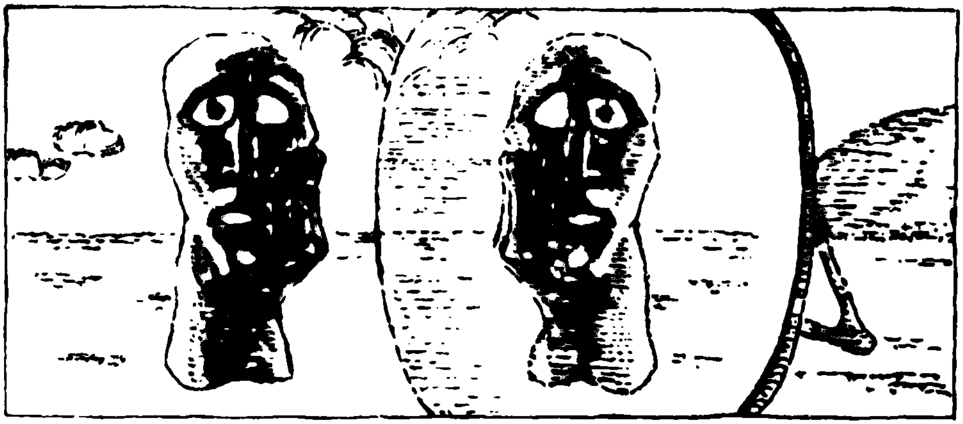



ಚಿತ್ರ 2.6

ವೆಂದರೆ, ಒಂದೇ ವಿಧವಾದ ಮುಖಗಳ ನಡುವಿನ ಕೋನಗಳು ಒಂದೇ ಆಗಿರುತ್ತವೆ. ಉದಾಹರಣೆಗೆ A ಮತ್ತು B ಮುಖಗಳ ನಡುವೆ, B ಮತ್ತು C ಮುಖಗಳ ನಡುವೆ, ಮುಂತಾಗಿ......

ಕೋನಗಳ ಈ ಸಮತೆಯೇ ಹರಳುಗಳಿಗೆ ಅವುಗಳ "ಕುಟುಂಬ" ಸಾದೃಶ್ಯವನ್ನು ಕೊಡುವುದು. ಮುಖಗಳನ್ನು ಅವುಗಳ ಆರಂಭದ ಸ್ಥಾನಕ್ಕೆ ಸಮಾನಾಂತರವಾಗಿ ಉಜ್ಜಿದಂತೆಲ್ಲಾ, ಹರಳಿನ ಆಕೃತಿಯು ಬದಲಾಗುತ್ತದೆ. ಆದರೆ ಮುಖಗಳ ನಡುವಿನ ಕೋನಗಳು ಹಾಗೆಯೇ ಇರುತ್ತವೆ.

ಹರಳು ಬೆಳೆಯುತ್ತ ಹೋದಂತೆಲ್ಲಾ, ಹಲವು ಆಕಸ್ಮಿಕ ಕಾರಣಗಳಿಂದ. ಕೆಲವು ಮುಖಗಳು ಪರಮಾಣುಗಳ ಅಥವಾ ಅಣುಗಳ ಹೊಸ ವರಸೆಯನ್ನು ಸೇರಿಸಲು ಹೆಚ್ಚು ಅನುಕೂಲ ಸ್ಥಿತಿಗಳಲ್ಲಿಯೂ ಮತ್ತೆ ಕೆಲವು ಮುಖಗಳು ಕಡಿಮೆ ಅನುಕೂಲ ಸ್ಥಿತಿಗಳಲ್ಲಿಯೂ ಇರಬಹುದು. ಬೇರೆ ಬೇರೆ ಪರಿಸ್ಥಿತಿಗಳಲ್ಲಿ ಬೆಳೆದ ಹರಳುಗಳು ತಮ್ಮ ರೂಪದಲ್ಲಿ ಒಂದಕ್ಕೊಂದು ಹೆಚ್ಚು ಹೋಲದೇ ಇರಬಹುದು. ಆದರೆ ಪರಿಶೀಲನೆಯಲ್ಲಿರುವ ಪದಾರ್ಥದ ಎಲ್ಲಾ ಹರಳುಗಳಲ್ಲೂ ಪರಸ್ಪರ ಅನುಗುಣವಾದ



ಚಿತ್ರ 2.7

ಮುಖಗಳ ನಡುವಿನ ಕೋನಗಳು ಯಾವಾಗಲೂ ಒಂದೇ ಆಗಿರುತ್ತವೆ. ಒಂದು ಹರಳಿನ ಆಕೃತಿಯು (ಚರ್ಯೆ) ಒಂದು ಆಕಸ್ಮಿಕ ಸಂಭವ, ಆದರೆ ಅದರ ಮುಖಗಳ ನಡುವಿನ ಕೋನಗಳು ಅದರ ಆಂತರಿಕ ರಚನೆಯನ್ನು ಅವಲಂಬಿಸಿರುತ್ತವೆ. (ಇದು ಏಕೆ ಎಂದು ಆಮೇಲೆ ನಿಮಗೆ ತಿಳಿಯುವುದು.)

ಒಂದು ಹರಳನ್ನು ಸ್ವಂತ ಆಕೃತಿ ಇಲ್ಲದ ಕಾಯಗಳಿಂದ ಬೇರೆಯಾಗಿ ತೋರಿಸುವುದು ಅದರ ಮುಖದ ಚಪ್ಪಟೆತನದಿಂದ ಮಾತ್ರವಲ್ಲ. ಹರಳು ಸಮರೂಪತೆಯನ್ನೂ ಹೊಂದಿರುವುದು. ಈ ಪದದ ಅರ್ಥವನ್ನು, ನಾವು ಈಗ ಉಪಯೋಗಿಸಲಿರುವ ಮಟ್ಟಿಗೆ, ಹಲವು ಉದಾಹರಣೆಗಳ ಮೂಲಕ ವಿವರಿಸಬಹುದು.

ಚಿತ್ರ 2.7ರಲ್ಲಿ ಒಂದು ವಿಗ್ರಹವು (ಈಸ್ಟರ್ ದ್ವೀಪದಲ್ಲಿನ ಪ್ರಸಿದ್ಧ ವಿಗ್ರಹವನ್ನು ಜ್ಞಾಪಕಕ್ಕೆ ತರುವುದು) ಒಂದು ದೊಡ್ಡ ಕನ್ನಡಿಯ ಮುಂದೆ ನಿಲ್ಲಿಸಿರುವುದನ್ನು ಚಿತ್ರಿಸಿದೆ. ಕನ್ನಡಿಯೊಳಗಿನ ಪ್ರತಿಬಿಂಬವು ವಿಗ್ರಹದ ನಿಷ್ಕೃಷ್ಟವಾದ ನಕಲು (ವಾಸ್ತವವಾಗಿ ಒಂದು ಕನ್ನಡಿ ಬಿಂಬ). ಶಿಲ್ಪಿಯು ಎರಡು ವಿಗ್ರಹಗಳನ್ನು ಕೆತ್ತಿ ಅವುಗಳನ್ನು ನಮ್ಮ ವಿಗ್ರಹ ಮತ್ತು ಕನ್ನಡಿಯಲ್ಲಿ ಅದರ ಪ್ರತಿಬಿಂಬ ಇವುಗಳಂತೆಯೇ ಜೋಡಿಸಿರಬಹುದು. ಈ ಜೋಡಿ ಶಿಲ್ಪಕೃತಿಯು ಒಂದು ಸಮರೂಪತೆಯುಳ್ಳ ಆಕೃತಿ; ಅದು ಕನ್ನಡಿಯಲ್ಲಿ ಒಂದು ಮತ್ತೊಂದರ ಪ್ರತಿಬಿಂಬ

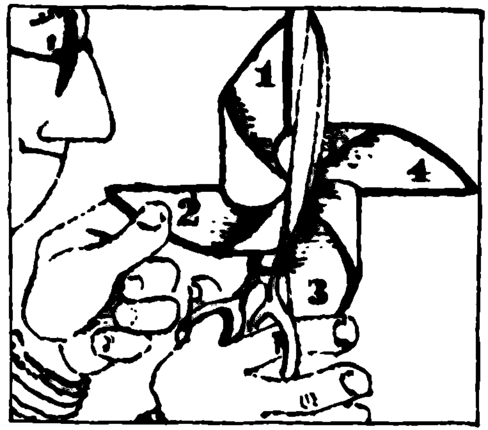
ವಾಗಿರುವ ಎರಡು ಸಮಾನವಾದ ಆಕೃತಿಗಳಿಂದಾಗಿದೆ–ಅಂದರೆ ಎಡಗೈ ಬಲಗೈಗೆ ಸಮವಾಗಿರುವಂತೆ.

2.7 ಚಿತ್ರದಲ್ಲಿ ತೋರಿಸಿರುವಂತೆ ಒಂದು ಚಪ್ಪಟೆಯಾದ ಕನ್ನಡಿಯನ್ನು ಇಡಲಾಗಿದೆ ಎಂದು ಭಾವಿಸೋಣ. ಆಗ ಶಿಲ್ಪಕೃತಿಯ ಬಲಗಡೆಯ ಭಾಗವು ಅದರ ಎಡಗಡೆಯ ಭಾಗದ ಪ್ರತಿಬಿಂಬಕ್ಕೆ ಸಂಪೂರ್ಣವಾಗಿ ಸರಿಹೊಂದಿಕೊಳ್ಳುತ್ತದೆ. ಇಂತಹ ಸಮರೂಪವುಳ್ಳ ಏರ್ಪಾಡು ಅದರ ಎರಡು ಭಾಗಗಳ ಮಧ್ಯದಲ್ಲಿನ ಕೇಂದ್ರದ ಮೂಲಕ ಹಾಯುವ ಕನ್ನಡಿಯ ಸಮರೂಪತೆಯ ಊರ್ಧ್ವದಿಶ ಸಮತಲ ವನ್ನು ಹೊಂದಿರುತ್ತದೆ. ಸಮರೂಪತೆಯ ಸಮತಲವು ಭಾವನಾತ್ಮಕ ಮಾತ್ರ ವಾದದ್ದಾರೂ, ಒಂದು ಸಮರೂಪತೆ ಉಳ್ಳ ಕಾಯವನ್ನು ಪರೀಕ್ಷಿಸುವಾಗ ನಮಗೆ ಸ್ಪಷ್ಟವಾಗಿ ಅದರ ಅರಿವು ಉಂಟಾಗುತ್ತದೆ.

ಪ್ರಾಣಿಗಳ ಶರೀರಗಳು ಸಮರೂಪತೆಯ ಸಮತಲಗಳನ್ನು ಹೊಂದಿರುತ್ತವೆ; ಬಾಹ್ಯ ಸಮರೂಪತೆಯ ಊರ್ಧ್ವದಿಶ ಸಮತಲವನ್ನು ಒಬ್ಬ ಮನುಷ್ಯನ ಮೂಲಕವೂ ಎಳೆಯಬಹುದು. ಪ್ರಾಣಿಲೋಕದಲ್ಲಿ ಸಮರೂಪತೆಯು ಸರಿಸುಮಾರಾಗಿ ಮಾತ್ರ ಇರುತ್ತದೆ ಮತ್ತು ಸಾಮಾನ್ಯವಾಗಿ ನಮ್ಮ ಸುತ್ತಲಿನ ಪ್ರಪಂಚದಲ್ಲಿ ಆದರ್ಶ ಸಮರೂಪತೆ ಇರುವುದಿಲ್ಲ. ಕಟ್ಟಡಗಳ ವಾಸ್ತುಶಿಲ್ಪಿಯು ಎರಡು ಆದರ್ಶ ಸಮರೂಪತೆಯುಳ್ಳ ಮನೆಯನ್ನು ನಿರೂಪಿಸಬಲ್ಲನು. ಆದರೆ ಮನೆಯನ್ನು ಕಟ್ಟಿದಾಗ, ಎಷ್ಟೇ ಚೆನ್ನಾಗಿ ಕಟ್ಟಿದ್ದರೂ, ಎರಡು ಸಮರೂಪದ ಭಾಗಗಳಲ್ಲಿ ಸ್ವಲ್ಪ ವ್ಯತ್ಯಾಸವು ಕಂಡೇ ಕಾಣುವುದು : ಒಂದರಲ್ಲಿ ಎಲ್ಲಿಯಾದರೂ ಒಂದು ಭಾಗದಲ್ಲಿ ಒಂದು ಬಿರುಕು ಇರಬಹುದು, ಮತ್ತೊಂದರಲ್ಲಿ ಇಲ್ಲದಿರಬಹುದು.

ಸಮರೂಪತೆಯು ಅತ್ಯುಚ್ಚಮಟ್ಟವು ಹರಳುಗಳ ಪ್ರಪಂಚದಲ್ಲಿ ಕಾಣಬರುವುದು. ಆದರೂ ಇಲ್ಲಿಯೂ ಆದರ್ಶವೆಂದು ಹೇಳಲಾಗುವುದಿಲ್ಲ. ಬರಿಯ ಕಣ್ಣಿಗೆ ಕಾಣದ ಬಿರುಕುಗಳು, ಗೀಚುಗಳು ಮತ್ತು ಇತರ ದೋಷಗಳಿಂದಾಗಿ ಸಮವಾದ ಮುಖಗಳು ಒಂದರಿಂದೊಂದು ಸ್ವಲ್ಪ ಸ್ವಲ್ಪ ವ್ಯತ್ಯಾಸವಾಗಿರುವುವು.

ಚಿತ್ರಬಾಣಗೆಂಟ(ಗಿರಗಿಟ!) ಮಕ್ಕಳ ಆಟದ ಸಾಮಾನೊಂದನ್ನು ಚಿತ್ರ 2.8ರಲ್ಲಿ ತೋರಿಸಿದೆ. ಅದೂ ಸಮರೂಪತೆಯುಳ್ಳದ್ದಾಗಿರುವುದು. ಆದರೆ ಅದರ ಮೂಲಕ




**ಚಿತ್ರ 2.8**

ಒಂದು ಸಮರೂಪತೆಯ ಸಮತಲವನ್ನು ಯಾವ ವಿಧದಲ್ಲಿಯೂ ಎಳೆಯುವುದಕ್ಕಾಗುವುದಿಲ್ಲ. ಹಾಗಾದರೆ ಈ ಆಟದ ಸಾಮಾನಿನಲ್ಲಿನ ಸಮರೂಪತೆಯು ಎಲ್ಲಿ? ಮೊದಲಿಗೆ. ಅದರ ಸಮರೂಪವುಳ್ಳ ಭಾಗಗಳನ್ನು ಪರಿಶೀಲಿಸೋಣ. ಅವುಗಳು ಎಷ್ಟಿವೆ? ನಾಲ್ಕು ಎಂಬುದು ಸುಸ್ಪಷ್ಟ. ಅವುಗಳನ್ನು ಪರಸ್ಪರ ಅಳವಡಿಸಿರುವ ರೀತಿಯು ಹೇಗೆ ಕ್ರಮಬದ್ಧವಾಗಿರುವುದು? ಇದೂ ಕೂಡ ಸುಲಭವೇ. ಚಕ್ರಬಾಣವನ್ನು ಗಡಿಯಾರದ ಚಲನೆಗೆ ವಿರುದ್ಧವಾಗಿ (ಅಪ್ರದಕ್ಷಿಣವಾಗಿ) ಒಂದು ಸಮಕೋನದಷ್ಟು. ಅಂದರೆ ಒಂದು ಪೂರ್ಣಾಸುತ್ತಿನ ಕಾಲುಭಾಗದಷ್ಟು ತಿರುಗಿಸೋಣ. ಈಗ *1*ನೇ ಫಲಕವು *2*ನೇ ಫಲಕದ. *2*ನೆಯದು *3*ನೇ ಫಲಕದ, *3*ನೆಯದು *4*ನೇ ಫಲಕದ ಮತ್ತು *4*ನೆಯದು *1*ನೇ ಫಲಕದ ಸ್ಥಾನಕ್ಕೆ ತಿರುಗಿದೆ. ಚಕ್ರಬಾಣದ ಹೊಸ ಸ್ಥಿತಿಯು ಹಿಂದಿನ ಸ್ಥಿತಿಯಿಂದ ಬೇರೆಯಾಗಿ ಕಾಣುವುದಿಲ್ಲ. ಇಂತಹ ಆಕೃತಿಯು ಒಂದು ಸಮರೂಪತೆಯ ಅಕ್ಷ. ಅಥವಾ ಹೆಚ್ಚು ನಿಷ್ಕೃಷ್ಟತೆಯಿಂದ ಹೇಳುವುದಾದರೆ, ನಾಲ್ಕುಮಡಿಯ ಸಮರೂಪತೆಯ ಅಕ್ಷವನ್ನು ಹೊಂದಿದೆ ಎಂದು ಹೇಳುತ್ತೇವೆ, ಏಕೆಂದರೆ ಅದು ಒಂದು ಪೂರ್ಣಾಸುತ್ತಿನಲ್ಲಿ ಕಾಲು-ಭಾಗದಷ್ಟು ತಿರುಗಿದರೆ ತನ್ನ ಪೂರ್ವ ಸ್ಥಿತಿಗೆ ಸಂಪೂರ್ಣವಾಗಿ ಸರಿಹೊಂದಿಕೊಳ್ಳುತ್ತದೆ.

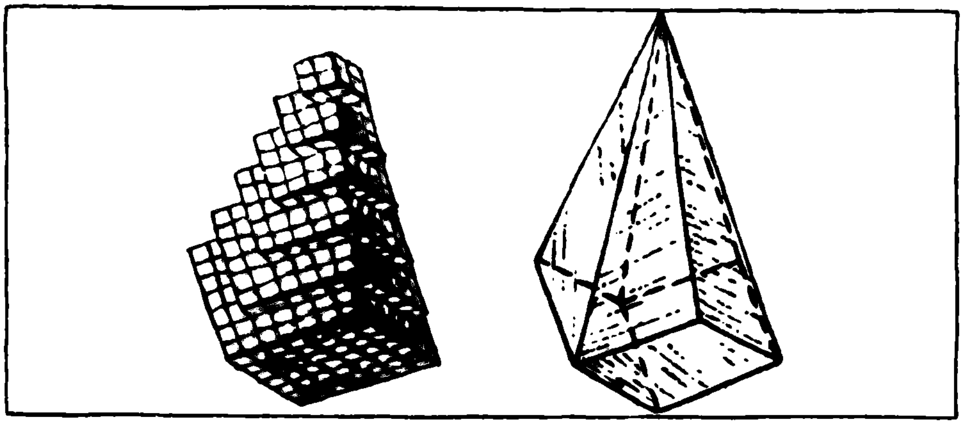
ಅಂದರೆ. ಪ್ರಮಾಣ ಸಮರೂಪತೆಯ ಅಕ್ಷವು ಒಂದು ಭಾವನಾತ್ಮಕ ಸರಳ ರೇಖೆ. ಕಾಯವನ್ನು ಇದರ ಸುತ್ತ ಒಂದು ಪೂರ್ಣಾಸುತ್ತಿನಲ್ಲಿ ಒಂದು ಏಕಮಾನದಷ್ಟು

ಅಂಶದ ಪ್ರಮಾಣದಲ್ಲಿ ತಿರುಗಿಸಿದಾಗ ಅದರ ಸ್ಥಿತಿಯು ಆರಂಭದಲ್ಲಿದ್ದ ಸ್ಥಿತಿಯಿಂದ ಬೇರೆಯಾಗಿ ಕಾಣುವುದಿಲ್ಲ. ಭ್ರಮಣ ಸಮರೂಪತೆಯ ಶ್ರೇಣಿಯು (ನಮ್ಮ ಉದಾಹರಣೆಯಲ್ಲಿ ನಾಲ್ಕುಮಡಿ) ಹೀಗೆ ಸರಿಹೊಂದಿಕೊಳ್ಳುವುದು ಕಾಯವನ್ನು ಒಂದು ಪೂರಾಸುತ್ತಿನ ಕಾಲು– ಭಾಗದಷ್ಟು ತಿರುಗಿಸಿದಾಗ ಆಗುವುದೆಂಬುದನ್ನು ನಿರ್ದೇಶಿಸುತ್ತದೆ. ಆದ್ದರಿಂದ, ಇಂತಹ ನಾಲ್ಕು ತಿರುಗಣೆಗಳಾದ ಮೇಲೆ ಮೊದಲಿದ್ದ ಸ್ಥಿತಿಗೆ ಹಿಂತಿರುಗುತ್ತೇವೆ.

ಹರಳುಗಳ ರಾಜ್ಯದಲ್ಲಿ ಎಲ್ಲಾ ವಿಧವಾದ ಸಮರೂಪತೆಗಳೂ ಸಿಕ್ಕುತ್ತವೆಯೆ ? ಪರೀಕ್ಷೆಗಳ ಫಲವಾಗಿ ಇಲ್ಲವೆಂದು ತಿಳಿಯಬರುವುದು. ವಾಸ್ತವದಲ್ಲಿ, ಹರಳುಗಳಲ್ಲಿ ಸಿಕ್ಕುವುವು ಎರಡು–, ಮೂರು–, ನಾಲ್ಕು– ಮತ್ತು ಆರು–ಮಡಿಯ ಭ್ರಮಣ ಸಮರೂಪತೆಯ ಅಕ್ಷಗಳು ಮಾತ್ರ. ಇದು ಕೇವಲ ಆಕಸ್ಮಿಕವಲ್ಲ. ಇದು ಹರಳುಗಳ ಆಂತರಿಕ ರಚನೆಗೆ ಸಂಬಂಧಿಸಿದೆ ಎಂದು ಸ್ಫಟಿಕಶಾಸ್ತ್ರಜ್ಞರು ತೋರಿಸಿ ಕೊಟ್ಟಿದ್ದಾರೆ. ಇದರಿಂದಾಗಿ, ಹರಳುಗಳ ವಿವಿಧ ಜಾತಿಗಳ ಅಥವಾ ಹರಳುಗಳ ಸಮರೂಪತೆಯ ವರ್ಗಗಳ ಸಂಖ್ಯೆಯು ಸಣ್ಣದು–32 ಮಾತ್ರ.

## ಹರಳುಗಳ ರಚನೆ

ಒಂದು ಹರಳಿನ ಕ್ರಮಬದ್ಧವಾದ ಆಕೃತಿ ಏಕೆ ಅಷ್ಟು ಸುಂದರವಾಗಿರುವುದು? ಅದರ ಮುಖಗಳು ಅಷ್ಟು ನುಣುಪಾಗಿಯೂ, ಹೊಳಪಾಗಿಯೂ, ಒಬ್ಬ ನಿಪುಣನಾದ ರತ್ನಶಿಲ್ಪಿಯಿಂದ ಮೆರಗುಕೊಟ್ಟಹಾಗೆ ಕಾಣುವುವು. ಹರಳಿನ ಬೇರೆ ಬೇರೆ ಭಾಗಗಳು ಒಂದನ್ನೊಂದು ಅನುಕರಿಸಿ, ಒಂದು ಸುಂದರವಾದ ಸಮರೂಪತೆಯುಳ್ಳ ಆಕೃತಿಯನ್ನು ರಚಿಸುವುವು. ಹರಳುಗಳ ಈ ಅಸಾಧಾರಣವಾದ ಕ್ರಮಬದ್ಧತೆಯು ಅತಿ ಪುರಾತನ ಕಾಲದಿಂದ ಪರಿಚಿತವಾಗಿತ್ತು. ಆದರೆ ಪ್ರಾಚೀನ ಕಾಲದ [illegible] ಭಾವನೆಗಳು ಹರಳುಗಳ ಸೌಂದರ್ಯ ಮತ್ತು ಸೊಬಗಿಗೆ ಮನಸೋತ ಕವಿಗಳು [illegible] ಕಥೆಗಳು ಮತ್ತು [illegible]ಗಳಿಂದ ಬಹಳ ಸ್ವಲ್ಪವೇ ಬೇರೆಯಾಗಿದ್ದುವು. ಕಲ್ಲು ಹರಳು [illegible]ದಿಂದ ಮಾಡಲ್ಪಟ್ಟದೆಯೆಂದೂ ಮತ್ತು ವಜ್ರವು ಕಲ್ಲು ಹರಳಿನಿಂದ ಆಗಿರುವುದೆಂದೂ ನಂಬಲಾಗಿತ್ತು. ಹರಳುಗಳಿಗೆ ಅದ್ಭುತ ಗುಣಗಳನ್ನು



**ಚಿತ್ರ 2.9**

ಕಲ್ಪಿಸಲಾಗಿತ್ತು. ಅವುಗಳು ರೋಗಗಳನ್ನು ವಾಸಿಮಾಡುವುವೆಂದೂ, ವಿಷಗಳಿಂದ ಜನಗಳನ್ನು ಉದ್ಧಾರಮಾಡುವುವೆಂದೂ, ಅವರ ಅದೃಷ್ಟದ ಮೇಲೆ ಪರಿಣಾಮ ವುಳ್ಳವುಗಳೆಂದೂ ಮತ್ತು ಇನ್ನೂ ಇತರ ಅನೇಕ ಗುಣಗಳುಳ್ಳವುಗಳೆಂದೂ ನಂಬ ಲಾಗಿತ್ತು.

ಹರಳುಗಳ ಸ್ವಭಾವದ ವಿಚಾರವಾಗಿ ಮೊಟ್ಟಮೊದಲಿನ ವೈಜ್ಞಾನಿಕವಾದ ಅಭಿಪ್ರಾಯುಗಳು ಕಂಡುಬಂದಿದ್ದು 17ನೆಯ ಮತ್ತು 18ನೆಯ ಶತಮಾನಗಳಲ್ಲಿ ಮಾತ್ರ. ಈ ಭಾವನೆಗಳು ಹೇಗಿತ್ತೆಂಬುದು 18ನೆಯ ಶತಮಾನದ ಕೊನೆಯಲ್ಲಿ ಫ್ರೆಂಚ್ ಮಠಾಧಿಕಾರಿ ರೆನೀ ಜಸ್ಟ್ ಹಾವಿ ಎಂಬಾತನ Traite de Mineralogie ಎಂಬ ಪುಸ್ತಕದಿಂದ ತೆಗೆದ ಚಿತ್ರ 2.9 ಮನದಟ್ಟು ಮಾಡಿಕೊಡುತ್ತದೆ. ಈ ಗ್ರಂಥಕಾರನ ಪ್ರಕಾರ, ಹರಳುಗಳು ಬಿಗಿಯಾಗಿ ಒಟ್ಟುಗೂಡಿಸಿದ ಸಣ್ಣ ಸಣ್ಣ "ಕಟ್ಟಡ ಕಲ್ಲು"ಗಳಿಂದ ಕಟ್ಟಲ್ಪಟ್ಟಿದೆ. ಈ ತೀರ್ಪಿಗೆ ಬರುವುದು ಸ್ವಾಭಾವಿಕವೇ. ಐಸ್ಲೆಂಡ್ ಸ್ಪಾರ್ (ಕ್ಯಾಲ್ಸೈಟ್ ಅಥವಾ ಕ್ಯಾಲ್ಸಿಯಂ ಕಾರ್ಬೊನೇಟ್) ಇದರ ಒಂದು ಹರಳನ್ನು ಸುತ್ತಿಗೆ ಪೆಟ್ಟಿನಿಂದ ಒಡೆಯೋಣ. ಅದು ಬೇರೆ ಬೇರೆ ಅಳತೆಯ ಚೂರುಗಳಾಗಿ ಚಿಮ್ಮುತ್ತದೆ. ಇವುಗಳನ್ನು ಸೂಕ್ಷ್ಮವಾಗಿ ಪರೀಕ್ಷಿಸಿದರೆ, ಬೇರೆ ಬೇರೆ ಚೂರುಗಳು ತಮ್ಮ "ಜನ್ಮದಾತೃ" ಹರಳಿಗೆ ಸಮರೂಪದ ಮತ್ತು ಕ್ರಮಬದ್ಧ

ಆಕಾರವುಳ್ಳವುಗಳಾಗಿ ಕಾಣುತ್ತವೆ. ಈ ಚೂರುಗಳನ್ನು ಇನ್ನೂ ಸಣ್ಣ ಸಣ್ಣವುಗಳಾಗಿ ಒಡೆಯುತ್ತಾ ಹೋದರೆ, ಕಟ್ಟಕಡೆಗೆ ನಮ್ಮ ಕಣ್ಣಿಗೆ ಕಾಣದ ಅತಿ ಸಣ್ಣ ಪ್ರಮಾಣದ ಕಟ್ಟಡಕಲ್ಲು ನಿಲ್ಲುತ್ತದೆ, ಇದು ಆ ಪದಾರ್ಥದ ಒಂದು ಹರಳು – ಹೀಗೆಂದು ಹಾಯಿ ತರ್ಕಿಸಿದನು. ಈ ಅಂತಿಮ ಚೂರುಗಳು ಎಷ್ಟು ಸಣ್ಣದಾಗಿರುವುವೆಂದರೆ, ಅವು ಗಳಿಂದಾದ ದೊಡ್ಡ ಹರಳಿನ ಒಂದು ಮುಖದಲ್ಲಿ ಅಡಕವಾಗಿರುವ ಮೆಟ್ಟಿಲುಗಳು ನಮಗೆ ಬಹಳ ನುಣುಪಾಗಿರುವಂತೆ ಕಾಣುವುವು. ಸರಿ, ಕೊನೆಗೆ ಸಿಕ್ಕುವ ಈ ಕಟ್ಟಡದ ಕಲ್ಲು ಹೇಗಿರುವುದು ? ಆ ಕಾಲದ ವಿಜ್ಞಾನಿಗಳಿಗೆ ಈ ಪ್ರಶ್ನೆಗೆ ಉತ್ತರ ಕೊಡಲಾಗಲಿಲ್ಲ.

ಹರಳುಗಳ ರಚನೆಯ "ಕಟ್ಟಡದ ಕಲ್ಲು" ವಾದಸರಣಿಯು ವಿಜ್ಞಾನಕ್ಕೆ ವಿಶೇಷ ಉಪಕಾರಿಯಾಯ್ತು. ಅದು ಹರಳಿನ ಸರಳರೇಖೀಯ ಅಂಚುಗಳು ಮತ್ತು ಚಪ್ಪಟೆಯಾದ ಮುಖಗಳು – ಇವುಗಳ ಮೂಲವನ್ನು ಸ್ಪಷ್ಟೀಕರಿಸಿತು. ಹರಳು ಬೆಳೆಯುತ್ತಾ ಹೋದಾಗ, ಹೊಸ ಕಟ್ಟಡ ಕಲ್ಲುಗಳು ಹರಳಿಗೆ ಸೇರಿಕೊಳ್ಳುವುವು ಮತ್ತು ಇಟ್ಟಿಗೆ ಕೆಲಸಗಾರರು ಕಟ್ಟಿದ ಮನೆಯ ಗೋಡೆಯಂತೆ ಮುಖವು ಬೆಳೆಯುತ್ತದೆ.

ಇದರಿಂದಾಗಿ, ಹರಳುಗಳ ಆಕೃತಿಗಳ ಕ್ರಮಬದ್ಧತೆ ಮತ್ತು ಸೌಂದರ್ಯ ಇವುಗಳ ಕಾರಣಕ್ಕೆ ಸಂಬಂಧಿಸಿದ ಪ್ರಶ್ನೆಗೆ ಬಹಳ ಹಿಂದೆಯೇ ಉತ್ತರ ಕೊಡಲಾಗಿತ್ತು. ಈ ವಿದ್ಯಮಾನದ ಮೂಲಕಾರಣ ಅವುಗಳ ಅಂತರಿಕ ಕ್ರಮಬದ್ಧತೆ. ಈ ಕ್ರಮಬದ್ಧತೆಯು ಹೇಗೆಂದರೆ ಅದೇ ಮೂಲಭೂತ ಭಾಗಗಳ ಅನಂತ ಪುನರಾವರ್ತನೆ.

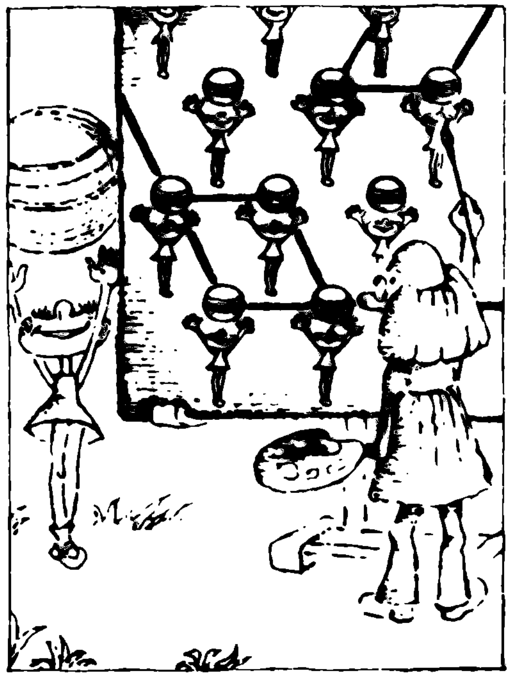
ಬೇರೆ ಬೇರೆ ಉದ್ದಗಳ ದಂಡಗಳನ್ನು ಅಡ್ಡಾದಿಡ್ಡಿ ನಿಲ್ಲಿಸಿದ್ದ ಬೇಲಿಯಿರುವ ಒಂದು ಉದ್ಯಾನವನ್ನು ಊಹಿಸಿಕೊಳ್ಳಿ. ಅಸಹ್ಯವಾದ ನೋಟ. ಅದೇ ದಂಡಗಳನ್ನು ಒಂದರಿಂದೊಂದು ಸಮನಾದ ದೂರದಲ್ಲಿ ಕ್ರಮವಾಗಿ ನಿಲ್ಲಿಸಿದರೆ ಒಂದು ಒಳ್ಳೆಯ ಬೇಲಿ ಏರ್ಪಡುತ್ತದೆ. ಗೋಡೆಗೆ ಅಂಟಿಸುವ ಚಿತ್ರಕಾಗದದ ಮೇಲೆ ಇಂತಹ ಶಿಸ್ತನ್ನು ತಾನೆ ಪುನರಾವರ್ತನೆಗೊಳ್ಳುವ ಚಿತ್ರ ನಮೂನೆಯನ್ನು ನೋಡುತ್ತೇವೆ. ಇಲ್ಲಿ ನಕ್ಷೆಯ ಒಂದು ಅಂಗಭಾಗವು – ಒಂದು ಹೂವಾಗಿಯೂ ಇರಬಹುದು

ತ್ತಿರುವುದು ಎಂದು ಇಟ್ಟುಕೊಳ್ಳಿ – ಉದ್ಯಾನದಲ್ಲಿರುವಂತೆ ಒಂದೇ ದಿಕ್ಕಿನಲ್ಲಿ ಅಲ್ಲದೆ, ಪೂರಾ ಸಮತಲವನ್ನು ತುಂಬುವಂತೆ ಪುನರಾವರ್ತನೆ ಆಗಿರುವುದು.

ಆದರೆ ಉದ್ಯಾನದ ಬೇಲಿ ಮತ್ತು ಗೋಡೆಯ ಚಿತ್ರಕಾಗದ ಇವುಗಳಿಗೂ, ಹರಳಿಗೂ ಏನು ಸಂಬಂಧ? ಅತ್ಯಂತ ನೇರ ಸಂಬಂಧವಿದೆ. ಉದ್ಯಾನದ ಬೇಲಿಯು ಒಂದು ರೇಖೆಯಲ್ಲಿ ಪುನರಾವರ್ತಿಸುವ ಕೊಂಡಿಗಳಿಂದ ಆಗಿದೆ, ಗೋಡೆಯ ಚಿತ್ರಕಾಗದವು ಒಂದು ಸಮತಲದಲ್ಲಿ ಪುನರಾವರ್ತಿಸುವ ಚಿತ್ರನಮೂನೆಗಳಿಂದಾಗಿದೆ ಮತ್ತು ಒಂದು ಹರಳು ಅವಕಾಶದಲ್ಲಿ ಪುನರಾವರ್ತಿಸುವ ಪರಮಾಣುಗಳ ಗುಂಪುಗಳಿಂದ ಆಗಿದೆ. ಆದ್ದರಿಂದ ಹರಳಿನ ಪರಮಾಣುಗಳು ಒಂದು ಅವಕಾಶ ಜಾಲಕವನ್ನು ರಚಿಸುವುವು ಎಂದು ಹೇಳುತ್ತೇವೆ.

ಈಗ ಮೂರು ಪರಿಮಾಣಗಳ ಅಥವಾ ಅವಕಾಶ ಜಾಲಕದ ಕೆಲವು ವಿವರಗಳನ್ನು ಚರ್ಚಿಸಬೇಕಾಗಿದೆ. ಚಿತ್ರಕಾರನ ಕಾರ್ಯವನ್ನು ಸುಲಭ ಮಾಡುವ ಸಲುವಾಗಿ, ಮೂರು ಪರಿಮಾಣಗಳ ಆಕೃತಿಗಳ ಕ್ಲಿಷ್ಟವಾದ ರೇಖಾಚಿತ್ರಗಳನ್ನು ರಚಿಸಿ ಎಂದು ಹೇಳುವುದಕ್ಕೆ ಬದಲು ನಾವು ಹೇಳಬೇಕಾದುದನ್ನೆಲ್ಲಾ ಗೋಡೆಯ ಚಿತ್ರಕಾಗದವನ್ನು ಉದಾಹರಣೆಯಾಗಿಟ್ಟುಕೊಂಡೇ ವಿವರಿಸುತ್ತೇವೆ.

ಚಿತ್ರ 2.10ರಲ್ಲಿ, ಸ್ಥಳಾಂತರದ ಮೂಲಕ ಗೋಡೆಯ ಚಿತ್ರಕಾಗದದಲ್ಲಿನ ಪೂರಾ ಚಿತ್ರನಮೂನೆಯನ್ನು ಹೊಂದುವುದಕ್ಕೆ ಬೇಕಾಗುವ ಅತ್ಯಂತ ಚಿಕ್ಕದಾದ ಚೂರನ್ನು ಬೇರೆಯಾಗಿ ತೋರಿಸಿದೆ. ಇಂತಹ ತುಂಡನ್ನು ಬೇರ್ಪಡಿಸುವುದಕ್ಕೆ, ನಕ್ಷೆಯ ಯಾವುದಾದರೂ ಒಂದು ಬಿಂದುವಿನಿಂದ, ಉದಾಹರಣೆಗೆ ಚೆಂಡಿನ ಕೇಂದ್ರದಿಂದ, ಅಕ್ಕಪಕ್ಕದ ಎರಡು ಚೆಂಡುಗಳ ಅದೇ ಬಿಂದುಗಳಿಗೆ ಸೇರಿಸುವಂತೆ ಎರಡು ಸರಳ ರೇಖೆಗಳನ್ನು ಎಳೆಯಬೇಕು. ನಮ್ಮ ನಕ್ಷೆಯಲ್ಲಿ ಕಾಣುವಂತೆ, ಈ ಎರಡು ಸರಳ ರೇಖೆಗಳನ್ನು ಉಪಯೋಗಿಸಿಕೊಂಡು ಒಂದು ಸಮಾಂತರ ಚತುರ್ಭುಜವನ್ನು ನಿರ್ಮಿಸಬಹುದು. ಈ ಸಮಾಂತರ ಚತುರ್ಭುಜವನ್ನು ಆರಂಭದ ಎರಡು ರೇಖೆಗಳ ದಿಕ್ಕಿನಲ್ಲಿ ಅದರ ಪಕ್ಕಗಳಿಗೆ ಸಮವಾದ ದೂರಗಳ ಮೂಲಕ ಸ್ಥಳಾಂತರ ಮಾಡಿದರೆ, ಗೋಡೆಯ ಚಿತ್ರಕಾಗದದ ಪೂರಾ ಚಿತ್ರನಮೂನೆಯು ಲಭಿಸುವುದು. ಏಕಮಾನ ಕೋಶ ಎಂಬ ಸಾಮಾನ್ಯ ಹೆಸರಿನ ಈ ಕನಿಷ್ಠ ಪ್ರಮಾಣದ ಪುನರಾವರ್ತಿಸುವ ಭಾಗ

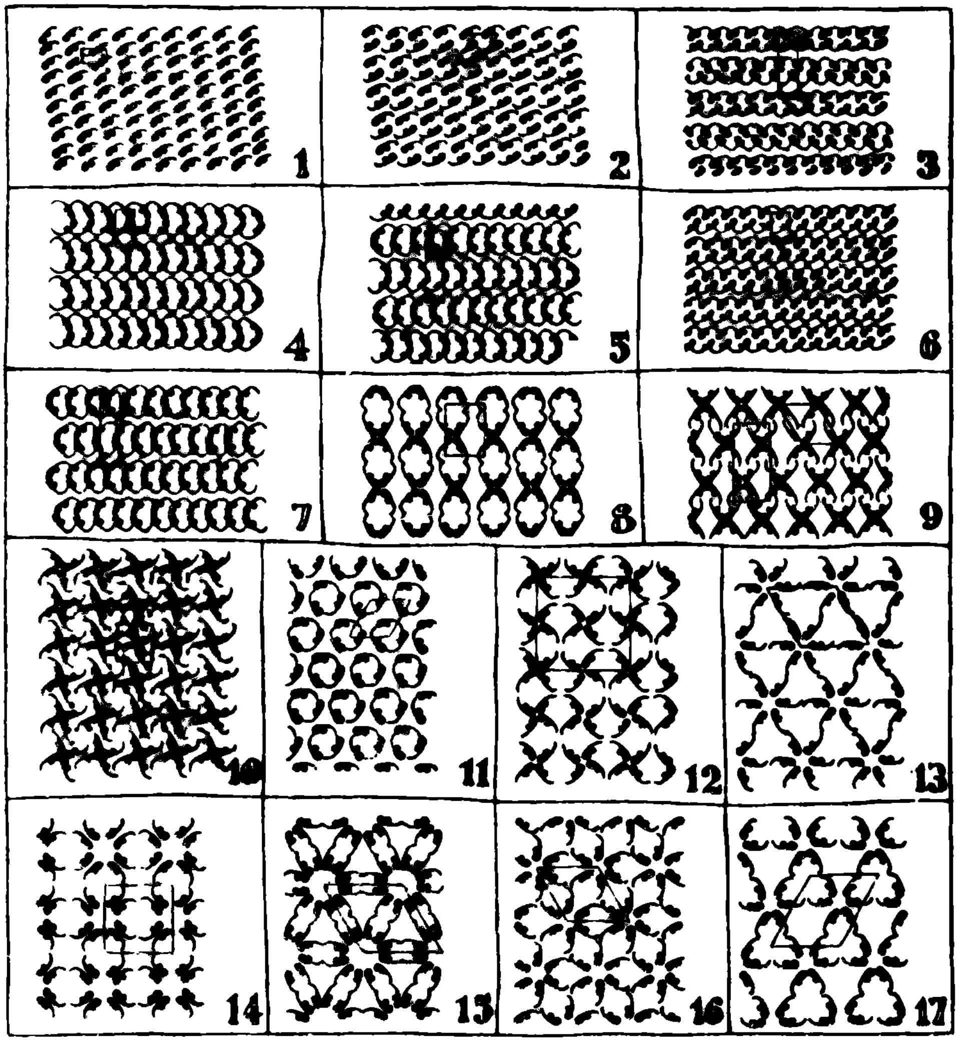


**ಚಿತ್ರ 2.10**

ವನ್ನು ಬೇರೆ ಬೇರೆ ವಿಧಗಳಲ್ಲಿ ಚುನಾಯಿಸಿಕೊಳ್ಳಬಹುದು. ಪ್ರತಿಯೊಂದೂ ಒಂದು ನಕ್ಷೆಯನ್ನೊಳಗೊಂಡ ಹಲವು ಬೇರೆ ಬೇರೆ ಸಮಾಂತರ ಚತುರ್ಭುಜಗಳನ್ನು ಚುನಾಯಿಸಬಹುದೆಂಬುದು ಚಿತ್ರ 2.10 ರಿಂದ ವ್ಯಕ್ತಪಡುತ್ತದೆ. ಈ ಪ್ರಸ್ತುತ ಉದಾಹರಣೆಯಲ್ಲಿ ಕೋಶದೊಳಗಿನ ಚಿತ್ರವು ಪೂರ್ತಿಯಾಗಿ ಒಂದೇ ಆಗಿದ್ದರೂ ಅಥವಾ ಅದು ಕೋಶವನ್ನು ಆವರಣ ಮಾಡುವ ರೇಖೆಗಳಿಂದ ಭಾಗ ಮಾಡಲ್ಪಟ್ಟಿದ್ದರೂ ಏನೂ ವ್ಯತ್ಯಾಸವಾಗುವುದಿಲ್ಲ ಎಂಬುವನ್ನು ನಾವು ಒತ್ತಿ ಹೇಳಬೇಕಾಗಿದೆ.

ಗೋಡೆಯ ಮೇಲಿನ ಕಾಗದದ ಸಲುವಾಗಿ ಪುನರಾವರ್ತಿಯಾಗುವ–'ಅಂತರ್ಭಾವ'ವೆಂದು ಕರೆಯಲ್ಪಡುವ–ಚಿತ್ರವನ್ನು ಬರೆದ ಮೇಲೆ ಚಿತ್ರಕಾರನು ತನ್ನ ಕೆಲಸವು ಮುಗಿಯಿತೆಂದು ಭಾವಿಸಿದರೆ ತಪ್ಪಾಗುವುದು. ಗೋಡೆಯ ಮೇಲಿನ ಕಾಗದಕ್ಕಾಗಿ ನಮೂನೆಯನ್ನು ತಯಾರಿಸಲು ನಿರ್ದಿಷ್ಟ ಒಂದು ಭಾಗಕ್ಕೆ ಅವಕ್ಕೆ ಸರಿಸಮಾನವಾದ ಮತ್ತೊಂದು ಭಾಗವನ್ನು ಎರಡು ಮೂಲಭೂತ ರೇಖೆಗಳ ದಿಕ್ಕಿನಲ್ಲಿ ಸ್ಥಳಾಂತರಿಸುವುದೇ ಏಕಮಾತ್ರ ದಾರಿಯಾಗಿದ್ದರೆ ಮಾತ್ರ ಇದು ನಿಜವಾಗುವುದು.

ಅತಿ ಸರಳವಾದ ಈ ಕ್ರಮವನ್ನಲ್ಲದೆ ಗೋಡೆಯ ಕಾಗದ ನಕ್ಷೆಯನ್ನು ಕ್ರಮಬದ್ಧ




**ಚಿತ್ರ 2.11**

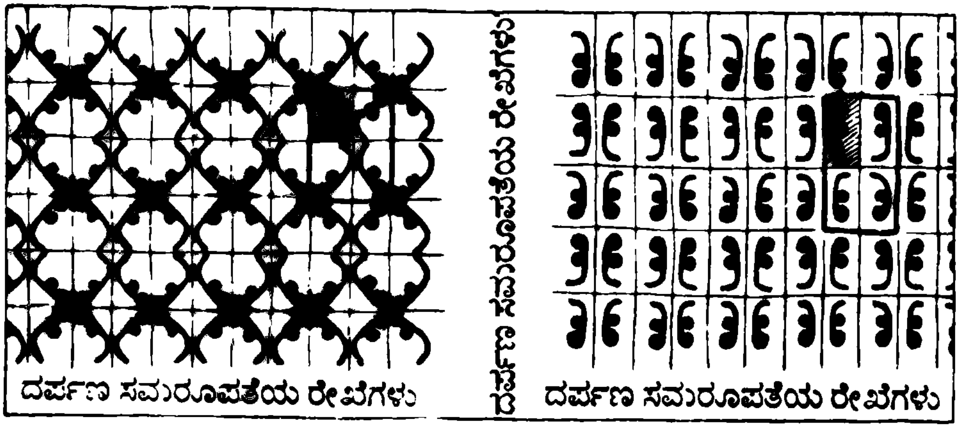
ವಾಗಿ ಪುನರಾವರ್ತಿಸುವ ರೇಖಾಚಿತ್ರ ಅಥವಾ ಅಂತರ್ಭಾಗಗಳಿಂದ ತುಂಬುವುದಕ್ಕೆ ಇನ್ನೂ ಹದಿನಾರು ಕ್ರಮಗಳಿವೆ, ಅಂದರೆ ಒಂದು ಸಮತಲದ ಮೇಲೆ ನಕ್ಷೆಗಳನ್ನು ಪರಸ್ಪರ ಅಳವಡಿಸುವುದನ್ನು ಹದಿನೇಳು ರೀತಿಗಳಲ್ಲಿ ಮಾಡಬಹುದು. ಅವುಗಳನ್ನು ಚಿತ್ರ 2.11ರಲ್ಲಿ ತೋರಿಸಿದೆ. ಇವುಗಳಲ್ಲಿ ಸರಳವಾದ ಪುನರಾವರ್ತಿಸುವ ಅಂತ

ಭಾಗವವನ್ನು ಚುನಾಯಿಸಲಾಗಿದೆ, ಆದರೆ ಚಿತ್ರ 2.10ರಲ್ಲಿರುವುದರಂತೆಯೇ ಇದೂ ತನ್ನದೇ ಆದ ಸಮರೂಪತೆಯನ್ನು ಹೊಂದಿರುವುದಿಲ್ಲ. ಈ ಅಂತರ್ಭಾಗವನ್ನೊಳ ಗೊಂಡ ನಮೂನೆಗಳು ಸಮರೂಪತೆಯುಳ್ಳವುಗಳಾಗಿರುವುವು ಮತ್ತು ನಮೂನೆಗಳ ವ್ಯತ್ಯಾಸವು ಅಂತರ್ಭಾವಗಳ ಸಮರೂಪತೆಯುಳ್ಳ ಜೋಡಣೆಗಳ ವ್ಯತ್ಯಾಸದಿಂದಾ ಗಿರುವುವು.

ಉದಾಹರಣೆಗೆ, ಮೊದಲಿನ ಮೂರು ಚಿತ್ರಗಳಲ್ಲಿ ಕನ್ನಡಿಯಲ್ಲಿನ ಸಮರೂಪ ತೆಯ ಸಮತಲವಿರುವುದಿಲ್ಲ: ನೆತ್ತಿಯ ದಿಕ್ಕಿನ ಒಂದು ಕನ್ನಡಿಯನ್ನು ನಕ್ಷೆಯ ಒಂದು ಭಾಗವು ಇನ್ನೊಂದು ಭಾಗದ ಕನ್ನಡಿಯಲ್ಲಿನ ಪ್ರತಿಬಿಂಬವಾಗಿರುವ ಹಾಗೆ ಇಡಲಾಗು ವುದಿಲ್ಲ. 4 ಮತ್ತು 5ನೆಯ ಉದಾಹರಣೆಗಳು ಪ್ರತಿಕೂಲವಾಗಿ ಸಮರೂಪತೆಯ ಸಮತಲಗಳನ್ನು ಹೊಂದಿವೆ. 8 ಮತ್ತು 9ನೆಯ ಉದಾಹರಣೆಗಳಲ್ಲಿ ಪರಸ್ಪರ ಲಂಬವಾಗಿರುವ ಎರಡು ಕನ್ನಡಿಗಳನ್ನು ಇಡಬಹುದು. 10ನೆಯ ಉದಾಹರಣೆ ಯಲ್ಲಿ ನಕ್ಷೆಯ ಸಮತಲಕ್ಕೆ ಲಂಬವಾಗಿರುವ ನಾಲ್ಮಡಿ ಭ್ರಮಣ ಸಮರೂಪತೆಯ ಅಕ್ಷ ಒಂದಿರುವುದು. 11ನೆಯುದರಲ್ಲಿ ಅಕ್ಷವು ಮೂರ್ಮಡಿಯ ಸಮರೂಪತೆಯದು ಮತ್ತು 13, 15ರಲ್ಲಿ ಆರುಮಡಿಯ ಭ್ರಮಣ ಸಮರೂಪತೆಯದು.

ನಮ್ಮ ನಕ್ಷೆಗಳಲ್ಲಿ ಸಮರೂಪತೆಯ ಸಮತಲಗಳೂ ಮತ್ತು ಅಕ್ಷಗಳೂ ಸಮಾಂತರ ಶ್ರೇಣಿಗಳಲ್ಲಿ ಅಥವಾ ಕುಟುಂಬಗಳಲ್ಲಿರುವುವೇ ವಿನಹ ಒಂಟಿಯಾಗಿರು ವುದಿಲ್ಲ. ಆದರ ಮೂಲಕ ಒಂದು ಸಮರೂಪತೆಯ ಅಕ್ಷವು (ಅಥವಾ ಸಮತಲ) ಹಾಯುವಂತಹ ಒಂದು ಬಿಂದುವು ಸಿಕ್ಕಿದರೆ, ಅದಕ್ಕೆ ಮಗ್ಗುಲಿನ ಮತ್ತು ಅಲ್ಲಿಂದ ಒಂದಾದ ಮೇಲೊಂದು ಬರುವ ಮತ್ತು ಪರಸ್ಪರ ಒಂದೇ ದೂರದ ಸ್ಥಳವ ಬಿಟ್ಟಿರುವ ಇಂತಹ ಬಿಂದುಗಳನ್ನು ಕಂಡುಹಿಡಿಯಬಹುದು – ಅಂದರೆ ಈ ಬಿಂದುಗಳ ಮೂಲಕ ಒಂದೇ ತರಹದ ಸಮರೂಪತೆಯ ಅಕ್ಷಗಳನ್ನು (ಅಥವಾ ಸಮತಲ ಗಳನ್ನು) ಹಾಯಿಸಬಹುದು.

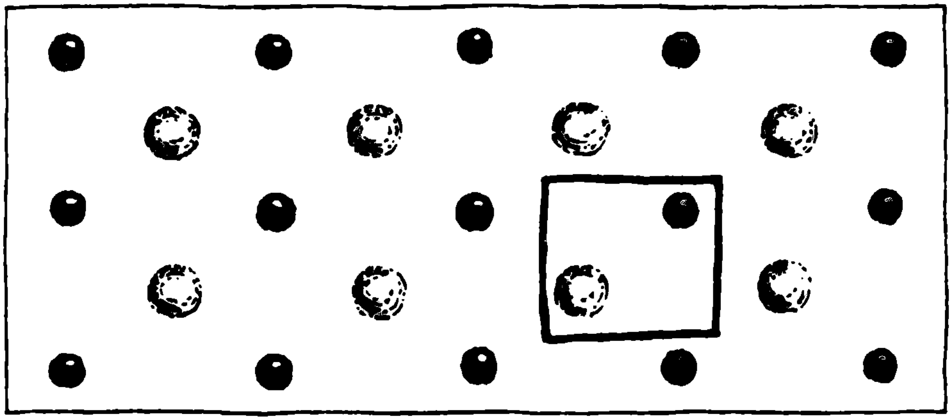
ಒಂದೇ ಒಂದು ಅಂತರ್ಭಾಗವನ್ನು ಜೋಡಿಸಿ ಹೆಣೆಯಬಹುದಾದ ಬಹು ಸಂಖ್ಯೆಯ ವಿವಿಧ ನಮೂನೆಗಳು ಒಂದು ಸಮತಲ ನಮೂನೆಯ ಈ ಹದಿನೇಳು ಸಮರೂಪತೆಯ ಮಾದರಿಗಳಿಂದಲೇ ವಿಂಗಡಣೆಯಾಗುವುದಿಲ್ಲ. ಪಕ್ಕದಾ




**ಚಿತ್ರ 2.12**

ಮತ್ತೊಂದು ನಿಬಂಧನೆಯನ್ನು ನಿರ್ದೇಶಿಸಬೇಕು : ಕೋಶದ ಎಲ್ಲೆಯ ರೇಖೆಗಳಿಗೆ ಸಂಬಂಧಿಸಿದಂತೆ ಅಂತರ್ಭಾಗವನ್ನು ಹೇಗೆ ಇಡಬೇಕು ? ಒಂದೇ ಆರಂಭದ ಅಂತರ್ಭಾಗವು ಒಂದೊಂದು ನಮೂನೆಯಲ್ಲಿಯೂ ನೆತ್ತಿಯ ದಿಕ್ಕುಳ್ಳ ಕನ್ನಡಿಗಳನ್ನು ಪ್ರತಿನಿಧಿಸುವ ರೇಖೆಗಳಿಗೆ (ಸಮತಲ ನಮೂನೆಯಲ್ಲಿ ಇವುಗಳೇ ಸಮರೂಪತೆಯ ಸರಳ ರೇಖೆಗಳಾಗುವುವು) ಸಂಬಂಧಿಸಿದಂತೆ ಭಿನ್ನವಾಗಿ ಇಡಲ್ಪಟ್ಟಿರುವ ಎರಡು ಗೋಡೆಯ ಕಾಗದದ ನಮೂನೆಗಳನ್ನು ಚಿತ್ರ 2.12 ತೋರಿಸುತ್ತದೆ. ಈ ಎರಡು ನಮೂನೆಗಳೂ ಚಿತ್ರ 2.11ರ 8ನೇ ಉದಾಹರಣೆಯ ಗುಂಪಿಗೆ ಸೇರಿವೆ.

ಪ್ರತಿ ಒಂದು ಕಾಯವೂ, ಹರಳುಗಳೂ ಕೂಡ, ಪರಮಾಣುಗಳಿಂದ ರಚಿತವಾಗಿರುವುದು. ಸರಳ ಪದಾರ್ಥಗಳು ಅಥವಾ ಮೂಲಧಾತುಗಳು ಒಂದೇ ವಿಧವಾದ ಪರಮಾಣುಗಳಿಂದ ರಚಿತವಾಗಿರುವುವು. ಸಂಕೀರ್ಣ ಪದಾರ್ಥಗಳು ಎರಡು ಅಥವಾ ಹೆಚ್ಚು ಜಾತಿಯ ಪರಮಾಣುಗಳಿಂದ ರಚಿತವಾಗಿರುವುವು. ಅತ್ಯಂತ ಶಕ್ತಿಯುತವಾದ ಒಂದು ಸೂಕ್ಷ್ಮದರ್ಶಕದಲ್ಲಿ ಸಾಮಾನ್ಯ ಉಪ್ಪಿನ ಒಂದು ಹರಳಿನ ಮೇಲ್ಮೈಯನ್ನು ಪರೀಕ್ಷಿಸಿ ಪರಮಾಣುಗಳ ಕೇಂದ್ರಗಳನ್ನು ನೋಡಬಲ್ಲೆವೆಂದು ಭಾವಿಸಿಕೊಳ್ಳಿ. ಪರಮಾಣುಗಳು ಹರಳಿನ ಮುಖದ ಮೇಲೆ ಗೋಡೆಯ ಕಾಗದದ ನಮೂನೆ ಬಂದಂತೆ ಜೋಡಿಸಿರುವುದು ಹೇಗೆ ಕಾಣುವುದು ಎಂಬುದನ್ನು ಚಿತ್ರ 2.13



ಚಿತ್ರ 2.13

ತೋರಿಸುತ್ತದೆ. ಹರಳಿನ ರಚನೆಯು ಹೇಗಿರುವುದೆಂಬುದನ್ನು ನೀವು ಸುಲಭವಾಗಿ ತಿಳಿದುಕೊಳ್ಳಬಹುದು. ಒಂದು ಹರಳು ಒಂದು ಮೂರು-ಪರಿಮಾಣಗಳ ಗೋಡೆಯ ಕಾಗದವನ್ನು ಹೋಲುತ್ತದೆ ಎಂದು ಹೇಳಬಹುದು. ಒಂದು ಹರಳು ಗೋಡೆಯ ಕಾಗದದ ನಮೂನೆಗಳಲ್ಲಿರುವಂತೆ ಸಮತಲ ಕೋಶಗಳ ಜೋಡಣೆಯಾಗಿರದೆ ಮೂರು ಪರಿಮಾಣಗಳ ಏಕಮಾನ ಕೋಶಗಳನ್ನು ಒತ್ತಾಗಿ ಸೇರಿಸಿ ಜೋಡಿಸುವುದರಿಂದ ರಚಿತವಾಗಿದೆ. ಈ ಮೂರು ಪರಿಮಾಣಗಳ ಏಕಮಾನ ಕೋಶಗಳೇ ಹರಳಿನ ರಚನೆಯಲ್ಲಿನ ಕಟ್ಟಡದ ಕಲ್ಲುಗಳು.

ಈ ಮೂಲರೂಪದ ತುಣುಕುಗಳಿಂದ ಮೂರು ಪರಿಮಾಣಗಳ ಗೋಡೆಯ ಕಾಗದದ ನಮೂನೆಗಳನ್ನು ತಯಾರಿಸಲು ಎಷ್ಟು ಬೇರೆ ಬೇರೆ ವಿಧಗಳಿವೆ? ಈ ಕ್ಲಿಷ್ಟವಾದ ಗಣಿತಶಾಸ್ತ್ರದ ಸಮಸ್ಯೆಯು ಈ ಶತಮಾನದ ಆದಿಯಲ್ಲಿ ಸ್ಫಟಿಕ ರಚನಾ ಶಾಸ್ತ್ರದ ಸ್ಥಾಪಕ ಎವ್‌ಗ್ರಾಫ್ ಸ್ಟೆಪನೋವಿಚ್ ಫೆಡೊರೊವ್ (1853–1919) ಎಂಬಾತನಿಂದ ಬಿಡಿಸಲ್ಪಟ್ಟಿತು. ಈ ಶ್ರೇಷ್ಠ ರಷ್ಯನ್ ವಿಜ್ಞಾನಿಯು ಒಂದು ಹರಳನ್ನು ಕಟ್ಟಲು ಕೇವಲ 230 ಬೇರೆ ಬೇರೆ ವಿಧಗಳು ಮಾತ್ರ ಇರುವುವು ಅಥವಾ ಈಗ ಹೇಳುವಂತೆ, 230 ಫೆಡೊರೊವ್ ಸಮೂಹಗಳು ಮಾತ್ರ ಇರುತ್ತವೆ ಎಂದು ಸ್ಥಿರಪಡಿಸಿದನು.

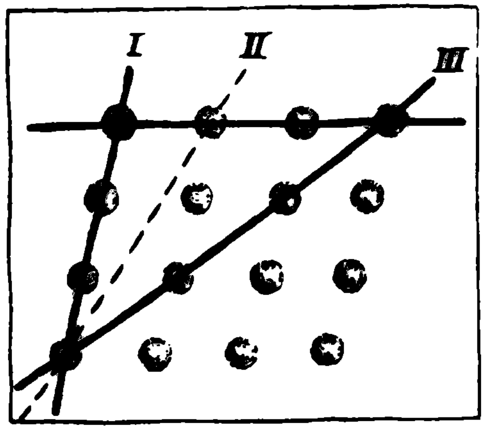
ಹರಳುಗಳ ಆಂತರಿಕ ರಚನೆಯ ವಿಚಾರದಲ್ಲಿ ಈಗ ಗೊತ್ತಾಗಿರುವುದೆಲ್ಲಾ ಕ್ಷ-ಕಿರಣಗಳ ಸಹಾಯದಿಂದ ರಚನಾಕ್ರಮ ವಿಶ್ಲೇಷಣದಿಂದ ಲಭಿಸಿದೆ. ಇದನ್ನು ನಾಲ್ಕನೆಯ ಪುಸ್ತಕದಲ್ಲಿ ವಿಶದವಾಗಿ ನಿರೂಪಿಸುತ್ತೇವೆ.

ಒಂದೇ ಜಾತಿಯ ಪರಮಾಣುಗಳಿಂದ ರಚಿತವಾದ ಸರಳವಾದ ಹರಳುಗಳಿವೆ. ಉದಾಹರಣೆಗೆ, ವಜ್ರವು ಶುದ್ಧ ಇಂಗಾಲದಿಂದಾಗಿದೆ. ಸಾಮಾನ್ಯ ಉಪ್ಪಿನ ಹರಳುಗಳು ಎರಡು ವಿಧದ ಅಯಾನುಗಳಿಂದ (ವಿದ್ಯುತ್‌ವಾಹಕ ಪರಮಾಣುಗಳು) ರಚಿತವಾಗಿವೆ : ಸೋಡಿಯಂ ಮತ್ತು ಕ್ಲೋರೀನ್. ಇದಕ್ಕಿಂತ ಹೆಚ್ಚು ತೊಡರಾದ ಹರಳುಗಳು ಅನೇಕ ವಿಧದ ಪರಮಾಣುಗಳನ್ನೊಳಗೊಂಡ ಅಣುಗಳಿಂದ ರಚಿತವಾಗಿರುತ್ತವೆ.

ಒಂದು ಹರಳಿನಲ್ಲಿ ಪರಮಾಣುಗಳ ಪುನರಾವರ್ತಿಸುವ ಕನಿಷ್ಠ ಪ್ರಮಾಣದ ಸಮೂಹವನ್ನು (ಅಥವಾ, ಬಹು ಸರಳವಾದ ಉದಾಹರಣೆಗಳಲ್ಲಿ ಒಂಟಿ ಪರಮಾಣುಗಳನ್ನು) ಪ್ರತ್ಯೇಕಿಸಿ ಕಾಣಬಹುದು. ಇಂತಹ ಸಮೂಹ ಒಂದಕ್ಕೆ ಏಕಮಾನ ಕೋಶವೆಂದು ಹೆಸರು.

ಏಕಮಾನ ಕೋಶಗಳ ಪರಮಾಣುಗಳು ಬಹು ದೊಡ್ಡ ಅಂತರಗಳಲ್ಲಿ ವ್ಯತ್ಯಾಸವಾಗಬಹುದು. ಕನಿಷ್ಠ ಪ್ರಮಾಣದ ದೂರಗಳು ಒಂದೇ ಜಾತಿಯ ಪರಮಾಣುಗಳಿಂದ ರಚಿತವಾದ ಅತಿ ಸರಳ ರೂಪದ ಹರಳುಗಳ ಅತ್ಯಂತ ಸಮೀಪ ಜಾಲಕ ಬಿಂದುಗಳ (ಏಕಮಾನ ಕೋಶದ ಮೂಲೆಗಳ) ನಡುವಿನಲ್ಲಿರುವುವು, ಎಲ್ಲಕ್ಕಿಂತ ಹೆಚ್ಚು ಪ್ರಮಾಣದ ದೂರಗಳು ತೊಡಕಾದ ಪ್ರೋಟೀನ್ ಹರಳುಗಳಲ್ಲಿ ಸಿಕ್ಕುತ್ತವೆ. ಜಾಲಕ ನಿಯತಾಂಕಗಳೆಂಬ ಹೆಸರಿನ ಈ ದೂರಗಳು 2 ಅಥವಾ 3 ಆಂಗ್‌ಸ್ಟ್ರಾಮ್‌ಗಳಿಂದ ಹಿಡಿದು ನೂರಾರು ಆಂಗ್‌ಸ್ಟ್ರಾಮ್‌ಗಳಷ್ಟು (ಒಂದು ಸೆಂಟಿಮೀಟರಿನ ಹತ್ತು ಲಕ್ಷದ ಒಂದು ಭಾಗದಲ್ಲಿ ಹಲವು ನೂರರ ಒಂದು ಭಾಗಗಳಷ್ಟು) ಇರುತ್ತವೆ.

ಹರಳುಗಳ ಜಾಲಕಗಳು ಅನೇಕ ವಿಧದವುಗಳಾಗಿರುತ್ತವೆ. ಎಲ್ಲಾ ಹರಳುಗಳಿಗೂ ಸಾಮಾನ್ಯವಾಗಿರುವ ಲಕ್ಷಣಗಳು ಅವುಗಳ ಜಾಲಕ ರಚನೆಯನ್ನನುಸರಿಸಿರುತ್ತವೆ. ಮೊಟ್ಟಮೊದಲಾಗಿ, ಒಂದು ಹರಳಿನ ಆದರ್ಶ ಮಟ್ಟದಲ್ಲಿ ಚಪ್ಪಟೆಯಾಗಿರುವ ಮುಖಗಳು ಪರಮಾಣುಗಳು ನೆಲಸಲ್ಪಟ್ಟಿರುವ ಜಾಲಕ ಬಿಂದುಗಳ ಮೂಲಕ

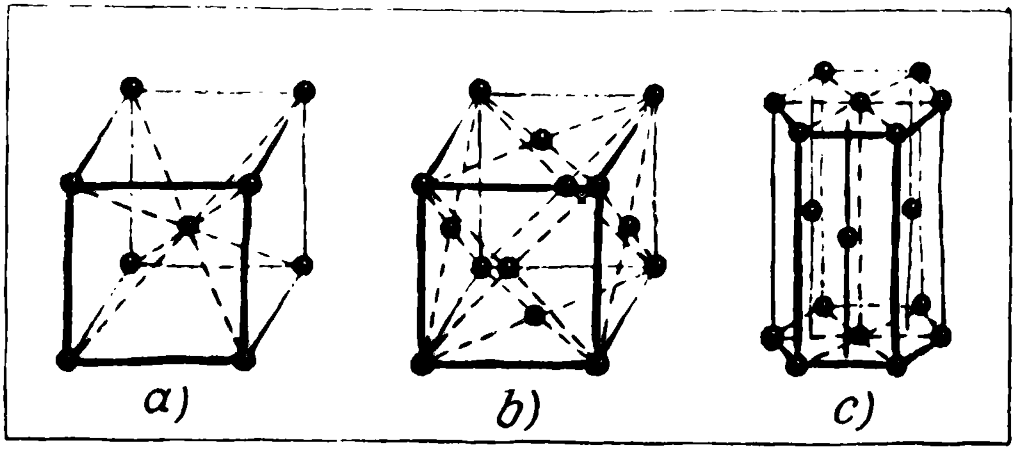



ಚಿತ್ರ 2.14

ಹಾದುಹೋಗುವ ಸಮತಲಗಳು ಎಂಬುದು ಸುಲಭವಾಗಿ ಗೋಚರವಾಗುತ್ತದೆ. ಆದರೆ ಎಷ್ಟೋ ಸಂಖ್ಯೆಯ ಜಾಲಕ ಸಮತಲಗಳನ್ನು ವಿವಿಧ ದಿಕ್ಕುಗಳಲ್ಲಿ ಹಾಯಿಸಬಹುದು. ಈ ಸಮತಲಗಳಲ್ಲಿ ಯಾವುವು ಬೆಳೆದ ಹರಳುಗಳ ಎಲ್ಲೆಯಾಗಿರುವುವು, ಅಂದರೆ ಅದರ ಮುಖಗಳಾಗುವುವು ?

ಮೊಟ್ಟಮೊದಲು, ಈ ಮುಂದಿನ ಸನ್ನಿವೇಶಕ್ಕೆ ಗಮನಕೊಡೋಣ : ಬೇರೆ ಬೇರೆ ಜಾಲಕ ಸಮತಲಗಳು ಮತ್ತು ರೇಖೆಗಳು ಒಂದೇ ಸಾಂದ್ರತೆಯಲ್ಲಿ ಜಾಲಕ ಬಿಂದುಗಳಿಂದ ತುಂಬಿರುವುದಿಲ್ಲ. ಪ್ರಯೋಗಗಳಿಂದ ತಿಳಿದು ಬರುವುದೇನೆಂದರೆ ಒಂದು ಹರಳಿನ ಮುಖಗಳಾಗುವ ಸಮತಲಗಳು ಯಾವುವೆಂದರೆ ಜಾಲಕ ಬಿಂದುಗಳು ಅತ್ಯಂತ ಸಾಂದ್ರತೆಯಿಂದ ತುಂಬಿರುವ ಸಮತಲಗಳೇ. ಮತ್ತು ಈ ಸಮತಲಗಳು ಸಂಧಿಸುವ ಅಂಚುಗಳೂ ಕೂಡ ಜಾಲಕ ಬಿಂದುಗಳಿಂದ ಅತ್ಯಂತ ಸಾಂದ್ರತೆಯಿಂದ ತುಂಬಿರುವುವು.

ಒಂದು ಮುಖಕ್ಕೆ ಲಂಬವಾಗಿರುವ ಒಂದು ಹರಳಿನ ಜಾಲಕದ ದೃಶ್ಯವನ್ನು ಚಿತ್ರ 2.14ರಲ್ಲಿ ತೋರಿಸಿದೆ. ಸಕ್ಷಿಗೆ ಲಂಬವಾಗಿರುವ ಜಾಲಕ ಸಮತಲಗಳ ಗುರುತುಗಳನ್ನೂ ತೋರಿಸಿದೆ. ಸಮತಲಗಳು *I* ಮತ್ತು *III* ಇವುಗಳಿಗೆ ಸಮಾಂತರವಾಗಿರುವ ಹರಳಿನ ಮುಖಗಳು ಬೆಳೆಯುವ ಯೋಗ್ಯತೆಯುಳ್ಳವುಗಳೆಂಬುದು ಮುಂದಿನ ವಿವರಣೆಗಳಿಂದ ಸ್ಪಷ್ಟವಾಗುವುದು. ಜಾಲಕ ಬಿಂದುಗಳು (ಮತ್ತು



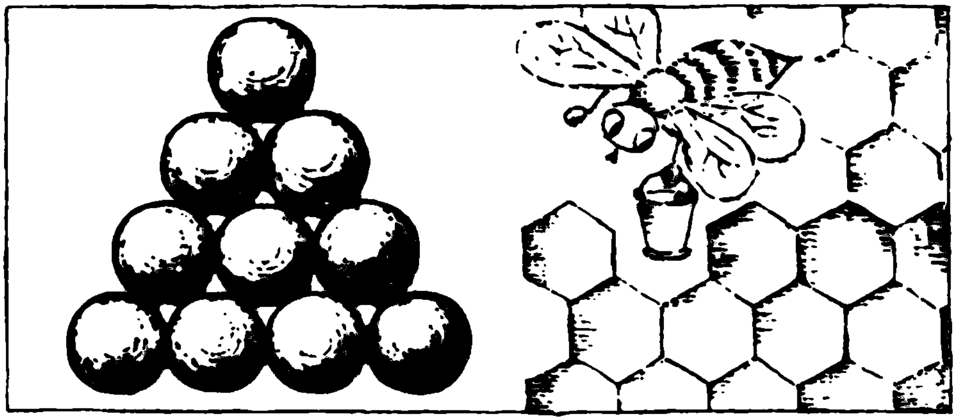

ಚಿತ್ರ 2.15

ಪರಮಾಣುಗಳು) ಅತಿ ವಿರಳವಾಗಿ ತುಂಬಿರುವ ಸಮತಲ *II*ಕ್ಕೆ ಸಮಾಂತರವಾಗಿ ಯಾವ ಮುಖವೂ ಬೆಳೆಯುವುದಿಲ್ಲ.

ನೂರಾರು ಹರಳುಗಳ ರಚನೆಯು ಈಗ ತಿಳಿದುಬಂದಿದೆ. ಮೊದಲಿಗೆ ನಾವು ಅತ್ಯಂತ ಸರಳರೂಪದ ಹರಳುಗಳ (ಒಂದೇ ಜಾತಿಯ ಪರಮಾಣುಗಳಿಂದ ರಚಿತವಾದವುಗಳು) ರಚನೆಯನ್ನು ವಿಚಾರಮಾಡೋಣ.

ಮೂರು ವಿಧದ ಜಾಲಕಗಳು ಸರ್ವೇಸಾಮಾನ್ಯವಾಗಿರುವುವು. ಅವುಗಳನ್ನು ಚಿತ್ರ 2.15ರಲ್ಲಿ ತೋರಿಸಿದೆ. ಪರಮಾಣುಗಳ ಕೇಂದ್ರಗಳು ಬಿಂದುಗಳಿಂದ ನಿರ್ದೇಶಿಸಲ್ಪಟ್ಟಿವೆ; ಬಿಂದುಗಳನ್ನು ಸೇರಿಸುವ ರೇಖೆಗಳಿಗೆ ಯಾವ ವಾಸ್ತವಿಕ ಅರ್ಥವೂ ಇಲ್ಲ. ಅವುಗಳನ್ನು ಪರಮಾಣುಗಳ ಪ್ರಾದೇಶಿಕ ಹಂಚಿಕೆಯ ರೀತಿಯನ್ನು ವಾಚಕನಿಗೆ ಸ್ಪಷ್ಟಪಡಿಸಲು ಮಾತ್ರ ಎಳೆಯಲಾಗಿದೆ.

2.15*a* ಮತ್ತು *b* ಚಿತ್ರಗಳು ಘನಾಕೃತಿಯ ಜಾಲಕಗಳನ್ನು ತೋರಿಸುತ್ತವೆ. ಈ ಜಾಲಕಗಳನ್ನು ಇನ್ನೂ ಹೆಚ್ಚು ಸ್ಪಷ್ಟವಾಗಿ ಚಿತ್ರಿಸಿಕೊಳ್ಳುವುದಕ್ಕಾಗಿ, ಕಟ್ಟಡದ ಕಲ್ಲುಗಳನ್ನು ಅತ್ಯಂತ ಸುಲಭ ರೀತಿಯಲ್ಲಿ –ಅಂದರೆ ಅಂಚಿಗೆ ಅಂಚು, ಮುಖಕ್ಕೆ ಮುಖ ಸೇರುವ ಹಾಗೆ– ಜೋಡಿಸಿರುವುದಾಗಿ ಭಾವಿಸಿಕೊಳ್ಳಿ. ಈಗ ಘನಾಕೃತಿಗಳ ಶೃಂಗಗಳಲ್ಲಿಯೂ ಮತ್ತು ಕೇಂದ್ರಗಳಲ್ಲಿಯೂ ಭಾವನಾತ್ಮಕವಾಗಿ ಬಿಂದುಗಳನ್ನು



**ಚಿತ್ರ 2.16**

ಇಟ್ಟರೆ 2.15*a* ಚಿತ್ರದಲ್ಲಿ ತೋರಿಸಿರುವ ಘನಾಕೃತಿಯ ಜಾಲಕವು ಗೋಚರವಾಗುತ್ತದೆ. ಇಂತಹ ರಚನೆಯನ್ನು ಅಂತಃಕೇಂದ್ರಿತ ಘನಾಕೃತಿಯ ಜಾಲಕವೆನ್ನುತ್ತಾರೆ. ಬಿಂದುಗಳನ್ನು ಘನಾಕೃತಿಗಳ ಶೃಂಗಗಳಲ್ಲಿಯೂ ಮತ್ತು ಮುಖಗಳ ಕೇಂದ್ರಗಳಲ್ಲಿಯೂ ಇಟ್ಟರೆ 2.15*b* ಚಿತ್ರದಲ್ಲಿ ತೋರಿಸಿರುವ ಘನಾಕೃತಿಯ ಜಾಲಕವು ಕಾಣುತ್ತದೆ. ಅದನ್ನು ಫಲಕ ಕೇಂದ್ರಿತ ಘನಾಕೃತಿಯ ಜಾಲಕವೆನ್ನುತ್ತಾರೆ.

ಮೂರನೆಯ ಜಾಲಕವನ್ನು (ಚಿತ್ರ 2.15*c*) ಒತ್ತಾಗಿ ಅಡಕ ಮಾಡಿದ ಷಡ್ಭುಜಾಕೃತಿಯದು (ಅಂದರೆ, ಆರು ಕೋನಗಳುಳ್ಳದು) ಎಂದು ಕರೆಯುತ್ತಾರೆ. ಈ ಪದದ ಮೂಲವನ್ನು ತಿಳಿಯುವುದಕ್ಕಾಗಿ ಮತ್ತು ಈ ಜಾಲಕದಲ್ಲಿ ಪರಮಾಣುಗಳ ಹಂಚಿಕೆಯನ್ನು ಚಿತ್ರಿಸಿಕೊಳ್ಳುವುದಕ್ಕಾಗಿ, ಹಲವು ಬಿಲಿಯರ್ಡ್ ಚೆಂಡುಗಳನ್ನು ತೆಗೆದುಕೊಂಡು ಅವುಗಳನ್ನು ಸಾಧ್ಯವಾದಷ್ಟೂ ಒತ್ತಾಗಿ ಅಡಕಮಾಡಲು ಪ್ರಾರಂಭಿಸೋಣ. ಮೊದಲಿಗೆ, ಒಂದು ಒತ್ತಾದ ಪದರವನ್ನು ಜೋಡಿಸೋಣ – ಅದು ಆಟಕ್ಕೆ ಮೊದಲು ಒಂದು ಗೋದಣಿಗೆಯಿಂದ ಎಳೆದಿಟ್ಟ ಬಿಲಿಯರ್ಡ್ ಚೆಂಡುಗಳ ಹಾಗೆ ಕಾಣುತ್ತದೆ (ಚಿತ್ರ 2.16). ತ್ರಿಭುಜದ ಮಧ್ಯದಲ್ಲಿರುವ ಚೆಂಡು ಆರು ಅಕ್ಕಪಕ್ಕದವುಗಳನ್ನು ಮುಟ್ಟುತ್ತಿರುವುದನ್ನು ಗಮನಿಸಿ ಮತ್ತು ಈ ಆರು ಅಕ್ಕಪಕ್ಕದ ಚೆಂಡುಗಳು ಒಂದು ಷಡ್ಭುಜಾಕೃತಿಯಲ್ಲಿವೆ. ಪದರಗಳನ್ನು ಒಂದರಮೇಲೊಂದನ್ನು

ಇಡುತ್ತಾ ಜೋಡಣೆಯನ್ನು ಮುಂದುವರಿಸೋಣ. ಎರಡನೆಯ ಪದರದ ಚೆಂಡುಗಳನ್ನು ಮೊದಲನೆಯದರ ಚೆಂಡುಗಳ ಮೇಲೆ ನೇರವಾಗಿ ಇಟ್ಟರೆ, ಇಂತಹ ಜೋಡಣೆಯು ಒತ್ತಾಗಿರುವುದಿಲ್ಲ. ಒಂದು ನಿರ್ದಿಷ್ಟ ಘನ ಅಳತೆಯಲ್ಲಿ ಅತ್ಯಂತ ಹೆಚ್ಚು ಸಂಖ್ಯೆಯಲ್ಲಿ ಚೆಂಡುಗಳನ್ನು ಸೇರಿಸಲು ಪ್ರಯತ್ನಿಸಿದರೆ, ಎರಡನೆಯ ಪದರದ ಚೆಂಡುಗಳನ್ನು ಮೊದಲನೆಯದರಿಂದ ಏರ್ಪಟ್ಟ ಹಳ್ಳಗಳಲ್ಲಿ ಇಡಬೇಕು, ಮೂರನೆಯ ಪದರದ ಚೆಂಡುಗಳನ್ನು ಎರಡನೆಯ ಪದರದಲ್ಲಿನ ಹಳ್ಳಗಳಲ್ಲಿ, ಇತ್ಯಾದಿ. ಒತ್ತಾಗಿ ಅಡಕವಾದ ಷಡ್ಭುಜಾಕೃತಿಯ ಜಾಲಕದಲ್ಲಿ, ಮೂರನೆಯ ಪದರದ ಚೆಂಡುಗಳನ್ನು ಅವುಗಳ ಕೇಂದ್ರಗಳು ನೇರವಾಗಿ ಮೊದಲನೆಯ ಪದರದ ಚೆಂಡುಗಳ ಕೇಂದ್ರಗಳ ಮೇಲೆ ಇರುವಂತೆ ಇಡಬೇಕು.

ಒತ್ತಾಗಿ ಅಡಕವಾದ ಷಡ್ಭುಜಾಕೃತಿಯ ಜಾಲಕದಲ್ಲಿನ ಪರಮಾಣುಗಳ ಕೇಂದ್ರಗಳು ಚೆಂಡುಗಳನ್ನು ಈಗ ವರ್ಣಿಸಿದ ರೀತಿ ಜೋಡಿಸಿರುವ ರೀತಿಯಲ್ಲಿಯೇ ವಿನ್ಯಾಸಮಾಡಲ್ಪಟ್ಟಿರುವುವು.

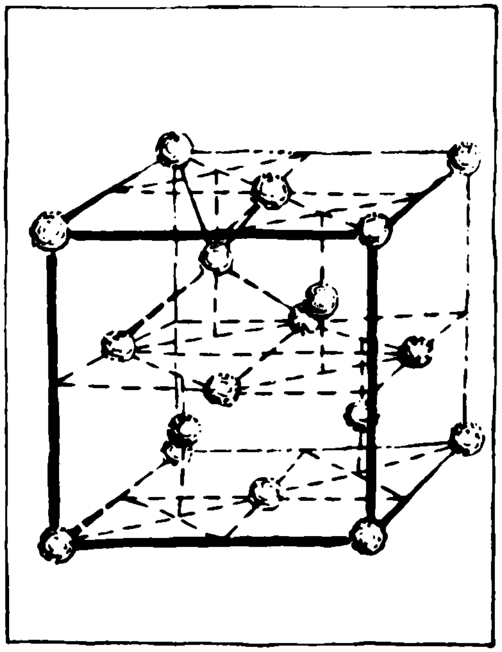
ಮೇಲೆ ವಿವರಿಸಿದ ಮೂರು ವಿಧಗಳ ಜಾಲಕಗಳಲ್ಲಿ ಬಹುಸಂಖ್ಯೆಯ ಮೂಲ ಧಾತುಗಳು ಸ್ಫಟಿಕಾಕೃತಿಗಳಾಗುವುವು :

ಒತ್ತಾಗಿ ಅಡಕವಾದ ಷಡ್ಭುಜಾಕೃತಿಯ ಜಾಲಕ Be, Co, Hf, Ti, Zn, Zr

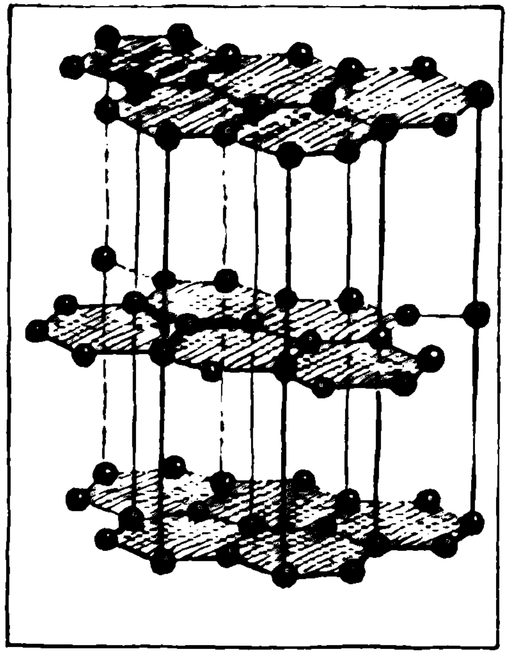
ಫಲಕ ಕೇಂದ್ರಿತ ಘನಾಕೃತಿಯ............ Al, Cu, Co, Fe, Au, Ge, Ni, Ti

ಅಂತಃಕೇಂದ್ರಿತ ಘನಾಕೃತಿಯ............ Cr, Fe, Li, Mo, Ta, Ti, U, V

ಇತರ ವಿಧದ ರಚನೆಗಳ ಪೈಕಿ ಕೆಲವನ್ನು ಮಾತ್ರ ನಮೂದಿಸುತ್ತೇವೆ. ವಜ್ರದ ರಚನೆಯನ್ನು ಚಿತ್ರ 2.17ರಲ್ಲಿ ತೋರಿಸಿದೆ. ಈ ರಚನೆಯ ವೈಶಿಷ್ಟ್ಯವೇನೆಂದರೆ, ವಜ್ರದಲ್ಲಿನ ಪ್ರತಿ ಇಂಗಾಲದ ಪರಮಾಣುವೂ ನಾಲ್ಕು ಸಮೀಪವರ್ತಿ ನೆರೆಹೊರೆಯವುಗಳನ್ನು ಪಡೆದಿರುವುದು. ಈ ಸಂಖ್ಯೆಯನ್ನು ಅದಕ್ಕೆ ಅನುಗುಣವಾದ ಈಗ ತಾನೆ ವಿವರಿಸಿದ ಸರ್ವೇಸಾಮಾನ್ಯವಾದ ಮೂರು ರಚನೆಗಳ ಸಂಖ್ಯೆಗಳೊಡನೆ ಹೋಲಿಸೋಣ. ಚಿತ್ರಗಳಿಂದ ಸ್ಪಷ್ಟಪಡುವುದೇನೆಂದರೆ ಒತ್ತಾಗಿ ಅಡಕವಾದ ಷಡ್ಭುಜಾಕೃತಿಯ ಜಾಲಕದಲ್ಲಿ ಪ್ರತಿಯೊಂದು ಪರಮಾಣುವೂ 12 ಸಮೀಪವರ್ತಿ ನೆರೆಹೊರೆಯವುಗಳನ್ನು ಹೊಂದಿರುತ್ತದೆ. ಫಲಕ ಕೇಂದ್ರಿತ ಘನಾಕೃತಿಯ ಜಾಲಕ



**ಚಿತ್ರ 2.17**



**ಚಿತ್ರ 2.18**

ವನ್ನು ರಚಿಸುವ ಪರಮಾಣುಗಳು ಅಷ್ಟೇ ಸಂಖ್ಯೆಯ ನೆರೆಹೊರೆಯುಳ್ಳವುಗಳನ್ನು ಮತ್ತು ಅಂತಃಕೇಂದ್ರಿತ ಜಾಲಕದ ಪ್ರತಿಯೊಂದು ಪರಮಾಣುವೂ ಎಂಟು ನೆರೆಹೊರೆಯುವುಗಳನ್ನು ಹೊಂದಿರುತ್ತದೆ.

ಗ್ರಾಫೈಟ್ ವಿಚಾರವಾಗಿ ಕೆಲವು ಮಾತುಗಳನ್ನು ಹೇಳೋಣ. ಇದರ ರಚನೆಯನ್ನು ಚಿತ್ರ 2.18ರಲ್ಲಿ ತೋರಿಸಿದೆ. ಈ ರಚನೆಯಲ್ಲಿ ಒಂದು ಆಶ್ಚರ್ಯಕರವಾದ ವೈಶಿಷ್ಟ್ಯವಿರುವುದು. ಗ್ರಾಫೈಟ್ ಪರಮಾಣುಗಳ ಪದರಗಳಿಂದ ಆಗಿದೆ – ಒಂದೇ ಪದರದಲ್ಲಿನ ಪರಮಾಣುಗಳು ಅಕ್ಕಪಕ್ಕದ ಪದರಗಳ ಪರಮಾಣುಗಳೊಡನೆ ಇರುವುದಕ್ಕಿಂತ ಹೆಚ್ಚು ಭದ್ರವಾಗಿ ಒಂದಕ್ಕೊಂದು ಬಂಧಿಸಲ್ಪಟ್ಟಿವೆ. ಇದು ಪರಮಾಣುಗಳ ನಡುವಿನ ಪರಸ್ಪರ ದೂರಗಳ ಪ್ರಮಾಣಗಳಿಗೆ ಸಂಬಂಧಿಸಿದೆ : ಒಂದೇ ಪದರದ ನೆರೆಹೊರೆಯ ಪರಮಾಣುಗಳ ದೂರವು ಪದರಗಳ ನಡುವಿನ ಕನಿಷ್ಠ ದೂರಕ್ಕಿಂತ 2.5ರಷ್ಟು ಕಡಿಮೆ ಪ್ರಮಾಣವುಳ್ಳದ್ದಾಗಿರುವುದು.

ದುರ್ಬಲವಾಗಿ ಬಂಧಿತವಾಗಿರುವ ಪರಮಾಣುಗಳ ಪದರಗಳಿರುವುದರಿಂದ ಗ್ರಾಫೈಟಿನ ಹರಳುಗಳು ಈ ಪದರಗಳ ಜೊತೆಯಲ್ಲಿ ಒಡೆಯುವುದು ಸುಲಭವಾಗುವುದು. ಈ ಕಾರಣದಿಂದಲೇ ಮೃದುಚಾಲಕ ಎಣ್ಣೆಯ ಉಪಯೋಗವು ಸಾಧ್ಯವಿಲ್ಲದಿರುವ ಸನ್ನಿವೇಶಗಳಲ್ಲಿ – ಉದಾಹರಣೆಗೆ, ಅತಿ ನಿಮ್ನ ಅಥವಾ ಅತ್ಯುಚ್ಚ ಉಷ್ಣಾಂಶಗಳಿರುವ ಸಂದರ್ಭಗಳಲ್ಲಿ – ಗಟ್ಟಿ ಗ್ರಾಫೈಟು ಮೃದುಚಾಲಕವಾಗಿ ಉಪಯುಕ್ತವಾಗುವುದು. ಗ್ರಾಫೈಟು ಗಟ್ಟಿಯಾದ ಒಂದು ಮೃದುಚಾಲಕ.

ಸ್ಥೂಲವಾಗಿ ಹೇಳಬೇಕಾದರೆ, ಎರಡು ಕಾಯಗಳ ನಡುವಿನ ಘರ್ಷಣೆ ಕಡಿಮೆಯಾಗುವುದಕ್ಕೆ ಕಾರಣವೇನೆಂದರೆ ಒಂದು ಕಾಯದ ಸೂಕ್ಷ್ಮಪ್ರಮಾಣದ ಉಬ್ಬುಗಳು ಮತ್ತೊಂದರ ತಗ್ಗುಗಳಲ್ಲಿ ಬೀಳುವುದು. ಗ್ರಾಫೈಟಿನ ಸೂಕ್ಷ್ಮಪ್ರಮಾಣದ ಹರಳೊಂದನ್ನು ಒಡೆಯುವುದಕ್ಕೆ ಬೇಕಾಗುವ ಬಲವು ಘರ್ಷಣೆಯ ಬಲಗಳಿಗಿಂತ ಬಹಳ ಕಡಿಮೆಯಾಗಿರುವುದು; ಆದ್ದರಿಂದ ಗ್ರಾಫೈಟ್ ಮೃದುಚಾಲಕವು ಒಂದು ಕಾಯವು ಮತ್ತೊಂದರ ಮೇಲೆ ಜಾರುವುದನ್ನು ಸುಲಭಮಾಡುವುದು.

ರಾಸಾಯನಿಕ ಸಂಯುಕ್ತ ವಸ್ತುಗಳ ಹರಳುಗಳ ರಚನೆಗಳು ಅನಂತ ಬಗೆಗಳಲ್ಲಿರುತ್ತವೆ. ಚಿತ್ರ 2.19 ಮತ್ತು 2.20ರಲ್ಲಿ ತೋರಿಸಿರುವ ಕಲ್ಲುಪ್ಪು ಮತ್ತು ಕಾರ್ಬನ್ ಡೈಆಕ್ಸೈಡ್ ಇವುಗಳ ರಚನೆಗಳು ವಿಪರೀತವಾದ ದೃಷ್ಟಾಂತಗಳು.

ಕಲ್ಲುಪ್ಪಿನ ಹರಳುಗಳು (ಚಿತ್ರ 2.19) ಸೋಡಿಯಂ (ಸಣ್ಣ ಕಪ್ಪುಛಾಯೆಯ ಗುಂಡುಗಳು) ಮತ್ತು ಕ್ಲೋರೀನ್ (ದೊಡ್ಡ ತಿಳಿಬಣ್ಣದ ಗುಂಡುಗಳು) ಇವುಗಳ ಪರಮಾಣುಗಳನ್ನು ಒಂದು ಘನಾಕೃತಿಯ ಅಕ್ಷಗಳ ದಿಕ್ಕುಗಳಲ್ಲಿ ಪರ್ಯಾಯವಾಗಿ ಅಳವಡಿಸಲ್ಪಟ್ಟು ರಚಿತವಾಗಿವೆ. ಸೋಡಿಯಂನ ಪ್ರತಿ ಒಂದು ಪರಮಾಣುವೂ ಬೇರೆ ಜಾತಿಯ, ಸಮಾಂತರವುಳ್ಳ ನೆರೆಹೊರೆಯವುಗಳ ಆರು ಪರಮಾಣುಗಳನ್ನು ಹೊಂದಿದೆ. ಕ್ಲೋರೀನಿಗೂ ಇದೇ ಸರಿಯಾಗಿರುವುದು. ಹಾಗಾದರೆ ಸೋಡಿಯಂ ಕ್ಲೋರೈಡ್‌ನ ಅಣುಗಳೆಲ್ಲಿ ? ಇವುಗಳಿಲ್ಲ; ಉಪ್ಪಿನ ಹರಳುಗಳಲ್ಲಿ ಸೋಡಿಯಂನ ಪ್ರತ್ಯೇಕ ಪರಮಾಣುಗಳ ಮತ್ತು ಕ್ಲೋರೀನಿನ ಪ್ರತ್ಯೇಕ ಪರಮಾಣುಗಳ ಸಮೂಹಗಳು ಇಲ್ಲದೇ ಇರುವುದು ಮಾತ್ರವಲ್ಲ, ಸಾಮಾನ್ಯವಾಗಿ, ಪರಮಾಣುಗಳ ಯಾವುದೇ



ಚಿತ್ರ 2.19



ಚಿತ್ರ 2.20

ಸಮೂಹವನ್ನು ಮತ್ತಿತರ ಸಮೂಹಗಳಿಂದ ಅವುಗಳ ಸಾಮೀಪ್ಯತೆಯಿಂದಾಗಿ ಬೇರೆಯಾಗಿ ಗುರ್ತಿಸಲು ಸಾಧ್ಯವಿಲ್ಲ.

NaCl ಎಂಬ ರಾಸಾಯನಿಕ ಘಟನ ಸೂತ್ರವು "ಈ ವಸ್ತುವು NaCl ಅಣುಗಳಿಂದ ರಚಿತವಾಗಿದೆ" ಎಂದು ಹೇಳಲು ಯಾವ ಆಧಾರವನ್ನೂ ನೀಡುವುದಿಲ್ಲ. ಈ ರಾಸಾಯನಿಕ ಘಟನ ಸೂತ್ರವು ಈ ಪದಾರ್ಥವು ಒಂದೇ ಸಂಖ್ಯೆಯ ಸೋಡಿಯಂ ಮತ್ತು ಕ್ಲೋರೀನ್ ಇವುಗಳ ಪರಮಾಣುಗಳಿಂದ ರಚಿತವಾಗಿದೆಯೆಂದು ಮಾತ್ರ ಸೂಚಿಸುತ್ತದೆ.

ಒಂದು ವಸ್ತುವಿನಲ್ಲಿ ಅಣುಗಳಿವೆಯೇ ಎಂಬ ಪ್ರಶ್ನೆಯು ಅದರ ರಚನೆಯಿಂದ

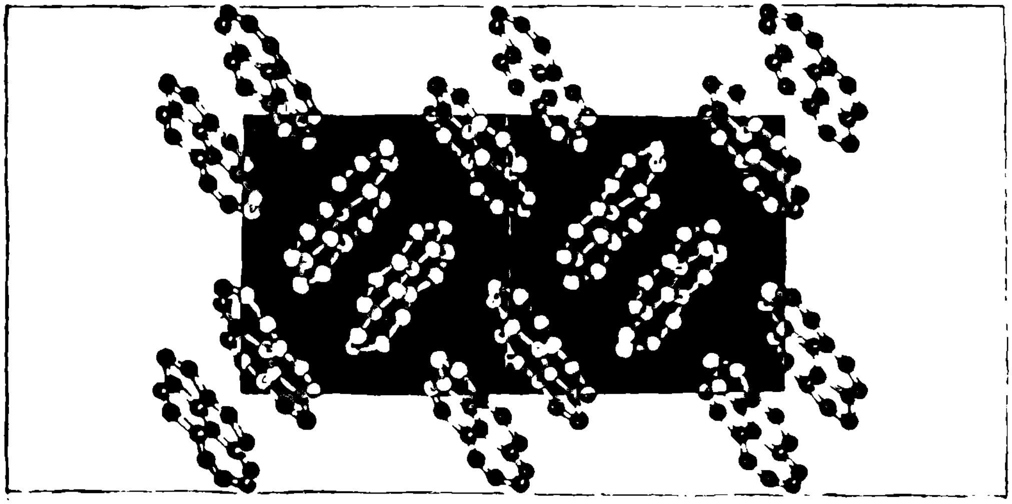
ನಿರ್ಧರಿಸಲ್ಪಡುತ್ತದೆ. ಅದರಲ್ಲಿ ಒತ್ತಾಗಿ ಜೋಡಿಸಿದ ಪರಮಾಣುಗಳ ಯಾವ ಸಮೂಹಗಳನ್ನೂ ಗುರ್ತಿಸಲಾಗದಿದ್ದರೆ, ಅಣುಗಳಿರುವುದಿಲ್ಲ.

ಕಾರ್ಬನ್ ಡೈಯಾಕ್ಸೈಡಿನ ಹರಳು, $CO_2$ (ಐಸ್‌ಕ್ರೀಮಿನ ರಟ್ಟುಪೆಟ್ಟಿಗೆಗಳಲ್ಲಿರುವ ತೇವವಿಲ್ಲದ ಮಂಜುಗಡ್ಡೆ) ಆಣವಿಕ ಹರಳಿನ ಒಂದು ದೃಷ್ಟಾಂತ (ಚಿತ್ರ 2.20).

ಒಂದು $CO_2$ ಅಣುವಿನಲ್ಲಿನ ಆಮ್ಲಜನಕ ಮತ್ತು ಇಂಗಾಲ ಇವುಗಳ ಪರಮಾಣುಗಳ ಕೇಂದ್ರಗಳು ಒಂದೇ ಸರಳ ರೇಖೆಯಲ್ಲಿವೆ (ಚಿತ್ರ 2.2 ನೋಡಿ). C–O ದೂರವು 1.3 Åಗೆ ಸಮವಾಗಿರುವುದು ಮತ್ತು ಅಕ್ಕಪಕ್ಕದ ಅಣುಗಳಲ್ಲಿನ ಆಮ್ಲಜನಕದ ಪರಮಾಣುಗಳ ನಡುವಿನ ದೂರವು ಸುಮಾರು 3 Å. ಈ ಪರಿಸ್ಥಿತಿಯಲ್ಲಿ ಒಂದು ಹರಳಿನಲ್ಲಿನ ಒಂದು ಅಣುವನ್ನು ಸುಲಭವಾಗಿ "ಗುರ್ತಿಸಬಹುದೆಂಬುದು" ಸ್ಪಷ್ಟ.

ಆಣವಿಕ ಹರಳುಗಳು ಅಣುಗಳ ಒತ್ತಾದ ಜೋಡಣೆಗಳು. ಇದನ್ನು ತಿಳಿಯಬೇಕಾದರೆ, ಅಣುಗಳ ಆಕಾರರೇಖೆಗಳನ್ನು ರೇಖಿಸಬೇಕು. ಚಿತ್ರ 2.20ರಲ್ಲಿ ಇದನ್ನೇ ಖಚಿತವಾಗಿ ಮಾಡಿದೆ.

ಇಂಗಾಲ ಸಂಯುಕ್ತ ಪದಾರ್ಥಗಳೆಲ್ಲಾ ಆಣವಿಕ ಹರಳುಗಳಿಂದ ರಚಿತವಾಗಿವೆ. ಅನೇಕ ಇಂಗಾಲ ಸಂಯುಕ್ತ ಅಣುಗಳು ಹಲವು ಹತ್ತಾರು ಅಷ್ಟೇಕೆ ನೂರಾರು ಪರಮಾಣುಗಳನ್ನೊಳಗೊಂಡಿರುತ್ತವೆ. (ಹತ್ತಾರು ಸಾವಿರಗಳ ಸಂಖ್ಯೆಯಲ್ಲಿ ಪರಮಾಣುಗಳನ್ನೊಳಗೊಂಡಿರುವವುಗಳನ್ನು ಪ್ರತ್ಯೇಕ ಅಧ್ಯಾಯದಲ್ಲಿ ಚರ್ಚಿಸುವೆವು). ಅವುಗಳ ಜೋಡಣೆಯ ರೀತಿಗಳನ್ನು ರೇಖಾಚಿತ್ರದ ಮೂಲಕ ಸಮರ್ಪಕವಾಗಿ ಪ್ರದರ್ಶಿಸುವುದು ಸಾಧ್ಯವಿಲ್ಲ. ಈ ಕಾರಣದಿಂದಾಗಿ, ಚಿತ್ರ 2.21ರಲ್ಲಿ ಕಾಣುವಂತಹ ನಕ್ಷೆಗಳನ್ನು ವಿಷಯಕ್ಕೆ ಸಂಬಂಧಿಸಿದ ಪುಸ್ತಕಗಳಲ್ಲಿ ನೀವು ನೋಡಬಹುದು. ಈ ಇಂಗಾಲ ಸಂಯುಕ್ತ ಪದಾರ್ಥದ ಅಣುಗಳು ಇಂಗಾಲದ ಪರಮಾಣುಗಳಿಂದ ಜೋಡಿಸಲ್ಪಟ್ಟಿವೆ. ಪರಮಾಣುಗಳ ನಡುವಿನ ಗೆರೆಗಳು ಸಂಯೋಜನ ಬಂಧನಗಳ ಸಂಕೇತಗಳಾಗಿವೆ. ಅಣುಗಳು ವಾಯುವಿನಲ್ಲಿ ತೂಗು ಹಾಕಿರುವಂತೆ ಕಾಣುತ್ತವೆ. ಆದರೆ ಇಲ್ಲಿ ನೀವು ನೋಡುವುದನ್ನು ನಂಬಬೇಡಿ.

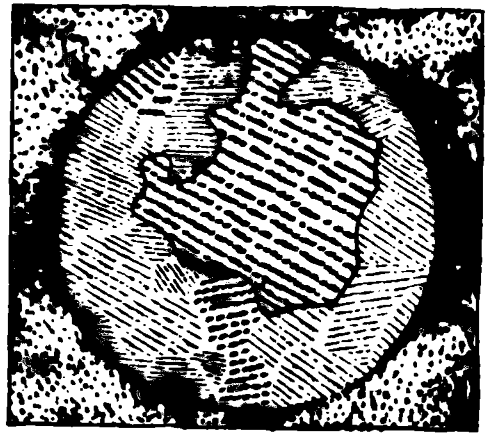


ಚಿತ್ರ 2.21

ಹರಳಿನಲ್ಲಿ ಅಣುಗಳ ವ್ಯವಸ್ಥೆ ಹೇಗಿರುವುದೆಂಬುದರ ಕಾಲ್ಪನಿಕ ಭಾವವನ್ನು ನಿಮ್ಮಲ್ಲಿ ಉಂಟುಮಾಡುವುದಕ್ಕೋಸ್ಕರ ಅವುಗಳನ್ನು ಹೀಗೆ ಚಿತ್ರಿಸಲಾಗಿದೆ. ಹೊರಗಡೆಯ ಇಂಗಾಲದ ಪರಮಾಣುಗಳಿಗೆ ಸೇರಿಸಲ್ಪಟ್ಟಿರುವ ಜಲಜನಕದ ಪರಮಾಣುಗಳನ್ನು, ಸರಳತೆಯ ಸಲುವಾಗಿ ಚಿತ್ರಕಾರನು ತೋರಿಸಲಿಲ್ಲ (ವಾಸ್ತವವಾಗಿ, ರಸಾಯನ ವಿಜ್ಞಾನಿಗಳು ಇದೇ ರೀತಿಯ ತಮ್ಮ ಲೋಪಗಳನ್ನು ಸಾಧಾರಣವಾಗಿ ಮಾಡುತ್ತಾರೆ). ಆತನು ಅಣುವಿನ ಬಾಹ್ಯರೇಖೆಯನ್ನು ಎಳೆದು ಅದಕ್ಕೆ ನಿರ್ದಿಷ್ಟ ಆಕಾರವನ್ನು ಕೊಡುವುದನ್ನು ಕೂಡ ಪರ್ಯಾಲೋಚಿಸಲಿಲ್ಲ. ಆತನು ಹಾಗೆ ಮಾಡಿದ್ದರೆ, ಅಣುಗಳ ಜೋಡಣೆಯ ತತ್ತ್ವವು – "ಬೀಗದಕ್ಕೆ ಬೀಗಕ್ಕೆ ಸರಿಹೊಂದಿಕೊಂಡು" –ಇತರ ಪರಿಸ್ಥಿತಿಗಳಲ್ಲಿರುವಂತೆಯೇ ಇಲ್ಲಿಯೂ ಕೂಡ ಊರ್ಜಿತವಾಗಿರುವುದೆಂಬುದನ್ನು ಕಾಣಬಹುದಾಗಿತ್ತು.

## ಬಹು ಸ್ಫಟಿಕೀಯ ಪದಾರ್ಥಗಳು

ಘನ ಪದಾರ್ಥಗಳ ಪ್ರಪಂಚದಲ್ಲಿ ಅಸ್ಫಟಿಕ ಕಾಯಗಳು ಬಹಳ ಅಪರೂಪ



ಚಿತ್ರ 2.22

ವಾಗಿರುವುವೆಂಬುದನ್ನು ಹಿಂದೆಯೇ ತಿಳಿಸಿದ್ದೇವೆ. ನಮ್ಮ ಸುತ್ತಲೂ ಇರುವ ಹೆಚ್ಚು ಭಾಗದ ವಸ್ತುಗಳು ಸೂಕ್ಷ್ಮಪ್ರಮಾಣದ – ಸುಮಾರು ಮಿಲ್ಲಿಮೀಟರಿನ ಸಾವಿರ ದಲ್ಲಿ ಒಂದು ಭಾಗದ ಪ್ರಮಾಣದ – ಸ್ಫಟಿಕಾಕೃತಿಯ ಕಣಗಳನ್ನೊಳಗೊಂಡಿವೆ.

19ನೆಯ ಶತಮಾನದಲ್ಲಿ ಲೋಹಗಳ ಹರಳು ಹರಳಾದ ರಚನೆಯನ್ನು ಸಂಶೋಧಕರು ಸಾಮಾನ್ಯ ದೃಷ್ಟಿ ಸೂಕ್ಷ್ಮದರ್ಶಕಗಳ ಸಹಾಯದಿಂದ ಕಂಡು ಹಿಡಿದರು. ಇದಕ್ಕೆ ಬೇಕಾಗಿದ್ದುದು ಮಾದರಿಗಳನ್ನು ಪಾರಗತ ಬೆಳಕಿನಿಂದ ವೀಕ್ಷಿಸದೆ, ಪ್ರತಿಬಿಂಬಿತವಾದ ಬೆಳಕಿನಿಂದಲೇ ವೀಕ್ಷಿಸುವಂತೆ ಮಾಡುವ ಏರ್ಪಾಡು, ಅಷ್ಟೆ. ಈಗಿನ ಕಾಲದ ಲೋಹವಿದ್ಯಾನುಗಣವಾದ ಸೂಕ್ಷ್ಮದರ್ಶಕಗಳೂ ಇದೇ ತತ್ವವನ್ನನು ಸರಿಸಿಯೇ ಕೆಲಸಮಾಡುವುವು.

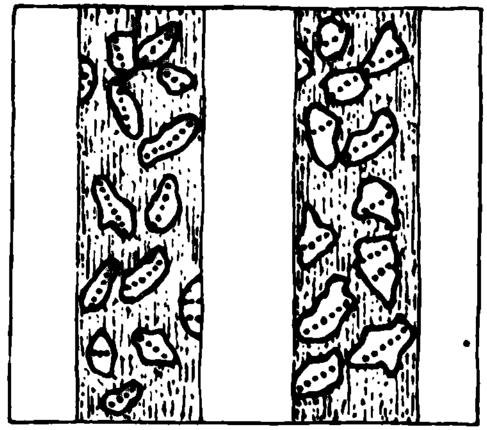
ಇಂತಹ ಸೂಕ್ಷ್ಮದರ್ಶಕದಲ್ಲಿ ಕಾಣುವ ಪ್ರತಿಬಿಂಬವು ಚಿತ್ರ 2.22ರಲ್ಲಿ ತೋರಿಸಿರುವ ಹಾಗೆ ಇರಬಹುದು. ಕಾಳಿನ ಎಲ್ಲೆಗಳು ಸಾಮಾನ್ಯವಾಗಿ ಸ್ಪಷ್ಟವಾಗಿ ಕಾಣುತ್ತವೆ. ವಾಡಿಕೆಯಾಗಿ, ಕಲ್ಮಶಗಳು ಎಲ್ಲೆಗಳಲ್ಲಿ ಒಟ್ಟುಗೂಡಿರುತ್ತವೆ.

ಪದಾರ್ಥಗಳ ಗುಣಗಳು ಕಣಗಳ ಅಳತೆ ಪ್ರಮಾಣ, ಅವುಗಳ ದಿಕ್ವಿನ್ಯಾಸ ಮತ್ತು ಎಲ್ಲೆಗಳಲ್ಲಿ ಏನು ಸಂಭವಿಸುತ್ತಿದೆ – ಎನ್ನುವುದರ ಮೇಲೆ ಹೆಚ್ಚು ಪ್ರಮಾಣ ದಲ್ಲಿ ಆಶ್ರಯವಾಗಿರುವುವು. ಈ ಕಾರಣದಿಂದ, ಭೌತವಿಜ್ಞಾನಿಗಳು ಬಹುಸ್ಫಟಿಕೀಯ ವಸ್ತುಗಳ ಪರಿಶೀಲನೆಗಾಗಿ ಬಹಳ ಸಂಶೋಧನೆಗಳನ್ನು ನಡೆಸಿರುವರು. ಕ್ಷ-ಕಿರಣ

ರಚನಾ ವಿಶ್ಲೇಷಣೆಯ ಸಹಾಯದಿಂದ – ಇದರ ವಿಚಾರವಾಗಿ ವಾಚಕರಿಗೆ ಹೇಳು ವುದಾಗಿ ನಾವು ಹಿಂದೆಯೇ ಮಾತುಕೊಟ್ಟಿದ್ದೆವು – ಪ್ರತಿಯೊಂದು ಕಣವೂ ಒಂದು ಸಣ್ಣ ಹರಳು ಎಂದು ಕಂಡುಹಿಡಿದರು. ನಮ್ಮ ವಾಗ್ದಾನವನ್ನು ನಾವು ಪುನರುಚ್ಚರಿ ಸುತ್ತೇವೆ.

ಲೋಹದ ಮೇಲಿನ ಯಾವುದೇ ಚಟುವಟಿಕೆಯೂ ಅದರ ಕಣಗಳ ಮೇಲೆ ಪರಿಣಾಮವುಂಟುಮಾಡುತ್ತದೆ. ಎರಕ ಹೊಯ್ದ ಲೋಹದ ಒಂದು ತುಂಡು ಇದೆ ಎಂದು ಭಾವಿಸೋಣ. ಅದರ ಕಣಗಳು ಅವ್ಯವಸ್ಥಿತ ರೀತಿಯಲ್ಲಿ ಇರುವುವು ಮತ್ತು ಅವುಗಳ ಪ್ರಮಾಣವು ದೊಡ್ಡದಾಗಿಯೇ ಇರುವುದು. ಈಗ ಅದನ್ನು ಅಚ್ಚಿನ ಮೂಲಕ ಎಳೆದು ತಂತಿಯಾಗಿ ಮಾಡೋಣ. ಈ ರೂಪಾಂತರಕಾರಕ ಕ್ರಿಯೆ ಯಿಂದ ಸ್ಫಟಿಕದ ಕಣಗಳು ಏನಾಗುವುವು ? ಕಾಯವನ್ನು ತಂತಿಯಾಗಿ ಮಾಡುವ ಅಥವಾ ರೂಪಾಂತರ ಕ್ರಿಯೆಯ ಬೇರೆ ಯಾವುದಾದರೂ ಕಾರ್ಯವಿಧಾನವು ಸ್ಫಟಿಕೀಯ ಕಣಗಳನ್ನು ಒಡೆಯುತ್ತದೆ ಎಂದು ಸಂಶೋಧನೆಗಳಿಂದ ತಿಳಿದುಬಂದಿದೆ. ಅದೇ ಕಾಲದಲ್ಲಿ ಯಾಂತ್ರಿಕ ಬಲಗಳ ಕ್ರಿಯೆಯ ಫಲವಾಗಿ ಕಣಗಳ ವಿನ್ಯಾಸವಲ್ಲಿ ಸ್ವಲ್ಪಮಟ್ಟಿನ ವ್ಯವಸ್ಥಿತವಾದ ಸನ್ನಿವೇಶವೂ ಏರ್ಪಡುವುದು. ಆದರೆ ಇಲ್ಲಿ ಯಾವ ವಿಧದ ವ್ಯವಸ್ಥೆ ಇರಬಹುದು ? ಕಣಗಳ ಚೂರುಗಳು ಯಾವ ವಿಧವಾದ ಆಕಾರವೂ ಇಲ್ಲದವುಗಳು.

ಇದು ನಿಜ : ಚೂರುಗಳು ಯಾವುದೂ ಕ್ರಮವಿಲ್ಲದ ಆಕಾರಗಳುಳ್ಳವಾಗಿರ ಬಹುದು, ಆದರೆ ಹರಳಿನ ಒಂದು ಚೂರು ಕೂಡ ಹರಳೇ ಆಗಿರುತ್ತದೆ. ಅದರ ಜಾಲಕದಲ್ಲಿನ ಪರಮಾಣುಗಳು ಪೂರ್ಣ–ಮುಖಗಳ ಹರಳಿನಲ್ಲಿರುವಷ್ಟೇ ವ್ಯವಸ್ಥಿತ ರೀತಿಯಲ್ಲಿ ಜೋಡಿಸಲ್ಪಟ್ಟಿರುವುವು. ಆದ್ದರಿಂದ ಪ್ರತಿಯೊಂದು ಚೂರಿನಲ್ಲಿಯೂ ಅದರ ಏಕಮಾನ ಕೋಶಗಳು ಹೇಗೆ ಪರಸ್ಪರ ವಿನ್ಯಾಸ ಮಾಡಲ್ಪಟ್ಟಿವೆ ಎಂಬುದನ್ನು ನಿರ್ದೇಶಿಸಬಹುದು. ರೂಪಾಂತರ ಕ್ರಿಯೆಗೆ ಮೊದಲು ಒಂದೊಂದು ಪ್ರತ್ಯೇಕ ಕಣದಲ್ಲಿ ಮಾತ್ರ ಕೋಶಗಳು ನಿಷ್ಕೃಷ್ಟವಾಗಿ ವ್ಯವಸ್ಥಿತ ರೀತಿಯಲ್ಲಿ ಅಳವಡಿಸಲ್ಪಟ್ಟಿವೆ; ಸಾಮಾನ್ಯವಾಗಿ, ಸಮಗ್ರ ವ್ಯವಸ್ಥಾಕ್ರಮವಿರುವುದಿಲ್ಲ. ಲೋಹವನ್ನು ಕ್ರಿಯೆಗೆ ಒಳಪಡಿಸಿದ ನಂತರ, ಕಣಗಳು ತಮ್ಮ ಕೋಶಗಳಲ್ಲಿ ಒಂದು ವಿಧದ ಸಾಮಾನ್ಯ



ಚಿತ್ರ 2.23

ವ್ಯವಸ್ಥೆ ವ್ಯಕ್ತಪಡುವಂತೆ ಪರಸ್ಪರ ವಿನ್ಯಾಸಗೊಳ್ಳುವುವು. ಇದಕ್ಕೆ **ನೆಯ್ಗೆ** ಎಂದು ಹೆಸರು. ಉದಾಹರಣೆಗೆ, ಎಲ್ಲಾ ಕಣಗಳಲ್ಲಿನ ಕೋಶಗಳ ಕರ್ಣರೇಖೆಗಳು ಲೋಹದ ಮೇಲೆ ನಡೆಸಿದ ಕ್ರಿಯೆಯ ದಿಕ್ಕಿಗೆ ಹೆಚ್ಚು ಕಡಿಮೆ ಸಮಾಂತರವಾಗಿ ವಿನ್ಯಾಸಗೊಳ್ಳುತ್ತವೆ.

ನೆಯ್ಗೆಯನ್ನು ಚಿತ್ರ 2.23ರಲ್ಲಿ (ಬಲಭಾಗದಲ್ಲಿ) ಕಣಗಳಲ್ಲಿನ ಹಲವು ನಿರ್ದಿಷ್ಟವಾಗಿ ಸೂಚಿಸಲ್ಪಟ್ಟಿರುವ ಸಮತಲಗಳ ದೃಷ್ಟಾಂತದ ಮೂಲಕ ತೋರಿಸಿದೆ. ಈ ಸಮತಲಗಳು ಅತ್ಯಂತ ಹೆಚ್ಚಾದ ಸಾಂದ್ರತೆಯಲ್ಲಿ ಪರಮಾಣುಗಳಿಂದ ತುಂಬಿವೆ. ಇದನ್ನು ಬಿಂದುಗಳ ಸಾಲುಗಳಿಂದ ಚಿತ್ರಿಸಲಾಗಿದೆ. ಎಡಗಡೆಯ ಚಿತ್ರದಲ್ಲಿ ಲೋಹವು ಕ್ರಿಯೆಗೆ ಒಳಗಾಗುವುದಕ್ಕೆ ಮೊದಲು ಕಣಗಳಿರುವುದನ್ನು ತೋರಿಸಿದೆ.

ರೂಪಾಂತರ ಕ್ರಿಯೆಗಳ ಬೇರೆ ಬೇರೆ ವಿಧಗಳು (ಲಟ್ಟಿಸುವುದು, ಬೆಂಕಿಯಲ್ಲಿ ಬಡಿದು ಆಕಾರಕೊಡುವುದು ಮತ್ತು ತಂತಿ ಎಳೆಯುವುದು) ಬೇರೆ ಬೇರೆ ರೀತಿಯ ನೆಯ್ಗೆಗಳನ್ನುಂಟುಮಾಡುವುವು. ಕೆಲವು ಕ್ರಿಯೆಗಳಲ್ಲಿ, ಕಣಗಳ ಏಕಮಾನ ಕೋಶಗಳ ಕರ್ಣರೇಖೆಗಳು ಕ್ರಿಯೆಯ ದಿಕ್ಕಿಗೆ ಅನುಗುಣವಾಗಿ ಹೊಂದಿಕೊಳ್ಳುವಂತೆ ತಿರುಗಿಕೊಳ್ಳುತ್ತವೆ, ಮತ್ತೆ ಕೆಲವುಗಳಲ್ಲಿ ಕೋಶಗಳ ಅಂಚುಗಳು ಸಾಲುಗೂಡುತ್ತವೆ, ಮುಂತಾಗಿ. ಲಟ್ಟಿಸುವ ಅಥವಾ ತಂತಿ ಎಳೆಯುವ ಕ್ರಿಯೆಯು ಹೆಚ್ಚು ಮುಂದುವರಿದಿದ್ದಷ್ಟೂ, ಲೋಹದ ಸ್ಫಟಿಕೀಯ ಕಣಗಳ ನೆಯ್ಗೆಯು ಅಷ್ಟು ಹೆಚ್ಚು

ನಿರ್ದುಷ್ಟವಾಗಿರುವುದು. ಲೋಹದ ವಸ್ತುಗಳ ಯಾಂತ್ರಿಕ ಗುಣಗಳ ಮೇಲೆ ನೆಯ್ಗೆ ರಚನೆಯು ಗಮನಾರ್ಹವಾದ ಪರಿಣಾಮವುಳ್ಳದ್ದಾಗಿರುವುದು. ಲೋಹಗಳಲ್ಲಿನ ಸ್ಫಟಿಕೀಯ ಕಣಗಳ ವಿನ್ಯಾಸ ಮತ್ತು ಅಳತೆ ಪ್ರಮಾಣಗಳ ಪರಿಶೀಲನೆಯು ಲೋಹಗಳ ಮೇಲೆ ರೂಪಾಂತರ ಕ್ರಿಯೆಯ ಮೂಲಭೂತ ತತ್ವಗಳ ತಿಳಿವಳಿಕೆಯನ್ನು ಗಳಿಸಿಕೊಟ್ಟಿತು. ಇದರ ಪರಿಣಾಮವಾಗಿ ಹೆಚ್ಚು ಸುಧಾರಿಸಿದ ಕಾರ್ಯ ವಿಧಾನಗಳು ಏರ್ಪಟ್ಟವು.

ಲೋಹಗಳಿಗೆ ಹದಕೊಡುವ ಮತ್ತೊಂದು ಮುಖ್ಯವಾದ ಸಂಸ್ಕಾರವೂ ಕೂಡ ಲೋಹದ ಕಣಗಳ ಪುನರ್ವಿನ್ಯಾಸಕ್ಕೆ ಸಂಬಂಧಿಸಿದೆ. ಲಟ್ಟಿಸಿದ ಅಥವಾ ಎಳೆದ ಲೋಹವನ್ನು ಸಾಕಷ್ಟು ಹೆಚ್ಚು ಉಷ್ಣಾಂಶಕ್ಕೆ ಕಾಯಿಸಿದರೆ, ಹೊಸ ಹರಳುಗಳು ಉಂಟಾಗುತ್ತವೆ; ಇವು ಹಳೆಯ ಹರಳುಗಳ ನಾಶದಿಂದಾಗಿ ಬೆಳೆಯುವುವು. ಹದಗೊಡುವುದರಿಂದ ನೆಯ್ಗೆ ರಚನೆಯು ಕ್ರಮಕ್ರಮವಾಗಿ ನಾಶವಾಗುವುದು; ಹೊಸ ಹರಳುಗಳು ಅಕ್ರಮ ರೀತಿಯಲ್ಲಿ ಇರುವುವು. ಉಷ್ಣಾಂಶವು ಹೆಚ್ಚಿದಂತೆಲ್ಲಾ (ಅಥವಾ ಲೋಹವನ್ನು ಹದಕೊಡುತ್ತಿರುವ ಉಷ್ಣಾಂಶದಲ್ಲಿಯೇ ಹೆಚ್ಚು ಕಾಲ ಇಟ್ಟಿದ್ದರೆ) ಹೊಸ ಕಣಗಳು ಬೆಳೆದು, ಹಳೆಯವು ಕಣ್ಮರೆಯಾಗುವುವು. ಬರೀ ಕಣ್ಣಿಗೆ ಕಾಣುವಷ್ಟು ಪ್ರಮಾಣಕ್ಕೆ ಕಣಗಳು ಬೆಳೆಯಬಲ್ಲವು. ಹದಮಾಡುವುದರಿಂದ ಲೋಹದ ಗುಣಗಳು ತೀವ್ರವಾಗಿ ಬದಲಾಗುವುವು. ಅದು ಹೆಚ್ಚು ತಂತಿ ಎಳೆಯುವಂತಹವೂ ಮತ್ತು ಮೆತುವಾದುದೂ ಆಗುತ್ತದೆ. ಹೀಗೆ ಆಗುವುದು ಏಕೆಂದರೆ ಕಣಗಳು ಹೆಚ್ಚು ಸ್ಥೂಲವಾಗುತ್ತದೆ ಮತ್ತು ನೆಯ್ಗೆ ರಚನೆಯು ಕಣ್ಮರೆಯಾಗುತ್ತದೆ.

# ೩. ಉಷ್ಣಾಂಶ

## ಶಾಖಮಾಪಕ

ಬೇರೆ ಬೇರೆಯಾಗಿ ಕಾಯಿಸಲ್ಪಟ್ಟಿರುವ ಎರಡು ಕಾಯಗಳನ್ನು ಒಂದನ್ನೊಂದು ಮುಟ್ಟುವಹಾಗೆ ಮಾಡಿದರೆ, ಹೆಚ್ಚು ಬಿಸಿಯಾಗಿರುವ ಕಾಯದ ಶಾಖವು ಕಡಿಮೆಯಾಗುವುದು ಮತ್ತು ಕಡಿಮೆ ಬಿಸಿಯಾಗಿರುವ ಕಾಯದ ಶಾಖವು ಹೆಚ್ಚುವುದು. ಇಂತಹ ಎರಡು ಕಾಯಗಳು ತಮ್ಮ ಉಷ್ಣವನ್ನು ವಿನಿಮಯ ಮಾಡಿಕೊಳ್ಳುವುದೆಂದು ಹೇಳಲಾಗುವುದು.

ನಾವು ಆಗಲೇ ಹೇಳಿರುವಂತೆ ಉಷ್ಣದ ವಿನಿಮಯವು ಒಂದು ವಿಧವಾದ ಶಕ್ತಿ ವಿನಿಮಯ; ಶಕ್ತಿಯನ್ನು ಹೊರಸೂಸುವ ಕಾಯವು ಹೆಚ್ಚು ಬಿಸಿಯಾಗಿರುವುದು ಎಂದು ಹೇಳುತ್ತೇವೆ. ಒಂದು ಕಾಯವು ನಮ್ಮ ಕೈಯನ್ನು ಬಿಸಿಮಾಡಿದರೆ, ಅಂದರೆ ಅದಕ್ಕೆ ಶಕ್ತಿಯನ್ನು ಸಾಗಿಸಿದರೆ, ಕಾಯವು ಬಿಸಿಯಾಗಿದೆಯೆಂದು ತಿಳಿಯುತ್ತೇವೆ. ಇದಕ್ಕೆ ಪ್ರತಿಯಾಗಿ, ಕಾಯವು ತಣ್ಣಗಿರುವುದಾಗಿ ತೋರಿದರೆ, ಅದು ನಮ್ಮ ಶರೀರದಿಂದ ಶಕ್ತಿಯನ್ನು ತೆಗೆದುಕೊಳ್ಳುತ್ತಿದೆಯೆಂದು ತಿಳಿಯಬೇಕು.

ಉಷ್ಣವನ್ನು ಹೊರಸೂಸುತ್ತಿರುವ (ಅಂದರೆ ಉಷ್ಣದ ವಿನಿಮಯದ ಮೂಲಕ ಶಕ್ತಿಯನ್ನು ಹೊರಸೂಸುತ್ತಿರುವ) ಕಾಯದ ವಿಚಾರವಾಗಿ ಹೀಗೆ ಹೇಳುತ್ತೇವೆ : ಅದರ ಉಷ್ಣಾಂಶವು ಅದರಿಂದ ಉಷ್ಣವನ್ನು ತೆಗೆದುಕೊಳ್ಳುತ್ತಿರುವ ಕಾಯದ ಉಷ್ಣಾಂಶಕ್ಕಿಂತ ಹೆಚ್ಚಾಗಿರುವುದು.

ನಮ್ಮ ಗಮನದಲ್ಲಿರುವ ಕಾಯವು ಬೇರೆ ಇತರ ಕಾಯದೊಡನೆ ಇರುವಾಗ ತಂಪಾಗುತ್ತಿದೆಯೋ ಅಥವಾ ಬಿಸಿಯಾಗುತ್ತಿದೆಯೋ ಎಂಬುದನ್ನು ಲಕ್ಷ್ಯದಲ್ಲಿಟ್ಟು

ಕೊಂಡು, ಕಾಯುಗಳ ಒಂದು ಶ್ರೇಣಿಯಲ್ಲಿ "ಅದರ ಸ್ಥಾನವನ್ನು" ಕಂಡುಹಿಡಿಯ ಬಹುದು. ಉಷ್ಣಾಂಶವು ನಮ್ಮ ಗಮನದಲ್ಲಿನ ಕಾಯುವು ಯಾವ ಕಾಯುಗಳಿಗೆ ಕೊಡುವುದಾಗುವುದು ಮತ್ತು ಯಾವ ಕಾಯುಗಳಿಂದ ಪಡೆಯುವುದಾಗುವುದು ಎಂಬುದನ್ನು ಸೂಚಿಸುವ ಒಂದು ವಿಧದ ಸಂಕೇತ.

ಉಷ್ಣಾಂಶವನ್ನು ಶಾಖಮಾಪಕದ ಸಹಾಯದಿಂದ ಅಳತೆಮಾಡಲಾಗುವುದು.

ಶಾಖಮಾಪಕಗಳ ರಚನೆಯನ್ನು ಕಾಯುಗಳ ಶಾಖಕ್ಕೆ ಪ್ರತಿಕ್ರಿಯೆ ತೋರಿಸುವ ಬೇರೆ ಬೇರೆ ಗುಣಗಳ ಆಧಾರದ ಮೇಲೆ ಮಾಡಬಹುದು. ವಿಶೇಷವಾಗಿ ಉಪ ಯೋಗಿಸಲ್ಪಟ್ಟಿರುವ ಗುಣವೆಂದರೆ ಉಷ್ಣಾಂಶದ ಏರಿಕೆಯಿಂದ ಕಾಯುಗಳ ಪ್ರಸರಣ.

ಬೇರೆ ಬೇರೆ ಕಾಯುಗಳೊಡನೆ ಸಂಸ್ಪರ್ಶದಿಂದ ಶಾಖಮಾಪಕದ ಕಾಯುದ ಗಾತ್ರದಲ್ಲಿ ವ್ಯತ್ಯಾಸವಾದರೆ, ಈ ಕಾಯುಗಳು ಭಿನ್ನವಾದ ಉಷ್ಣಾಂಶಗಳನ್ನು ಹೊಂದಿರುವುವೆಂದು ಸೂಚಿತವಾಗುತ್ತದೆ. ಶಾಖಮಾಪಕ ಕಾಯುದ ಘನ ಅಳತೆಯು ಹೆಚ್ಚಾದರೆ ಉಷ್ಣಾಂಶವು ಹೆಚ್ಚಿರುವುದು ಮತ್ತು ಘನ ಅಳತೆಯು ಕಡಿಮೆಯಾದರೆ ಉಷ್ಣಾಂಶವು ಕಡಿಮೆಯಾಗಿರುವುದು.

ಶಾಖಮಾಪಕವಾಗಿ ಅನೇಕ ಪದಾರ್ಥಗಳು ಉಪಯುಕ್ತವಾಗುವುವು : ದ್ರವ ಗಳು (ಪಾದರಸ ಅಥವಾ ಆಲ್ಕೊಹಾಲ್ ಮುಂತಾದುವು), ಗಟ್ಟಿ ಪದಾರ್ಥಗಳು (ಲೋಹಗಳಂತೆ) ಮತ್ತು ಅನಿಲಗಳು. ಆದರೆ ಬೇರೆ ಬೇರೆ ಪದಾರ್ಥಗಳು ಬೇರೆ ಬೇರೆ ಪರಿಮಾಣದಲ್ಲಿ ಪ್ರಸಾರವಾಗುತ್ತವೆ ಮತ್ತು ಅದರಿಂದಾಗಿ ಪಾದರಸದ, ಆಲ್ಕೊಹಾಲಿನ, ಅನಿಲಗಳ ಮತ್ತು ಇತರ "ಡಿಗ್ರಿ"ಗಳು ಒಂದೇ ಆಗಿರುವುದಿಲ್ಲ. ಎಲ್ಲಾ ಶಾಖಮಾಪಕಗಳ ಮೇಲೂ ಎರಡು ಮೂಲ ಬಿಂದುಗಳನ್ನು ಗುರುತು ಮಾಡ ಬಹುದು : ಮಂಜುಗಡ್ಡೆಯು ಕರಗುವ ಬಿಂದು ಮತ್ತು ನೀರು ಕುದಿಯುವ ಬಿಂದು. ಆದ್ದರಿಂದ ಎಲ್ಲಾ ಶಾಖಮಾಪಕಗಳೂ 0 ಮತ್ತು 100 ಸೆಂಟಿಗ್ರೇಡ್ ಡಿಗ್ರಿಗಳನ್ನು ಒಂದೇ ಆಗಿ ತೋರಿಸುತ್ತವೆ. ಆದರೆ ಕಾಯುಗಳು 0 ಮತ್ತು 100 ಡಿಗ್ರಿಗಳ ಅಂತರದಲ್ಲಿ ಒಂದೇ ಪರಿಮಾಣದಲ್ಲಿ ಪ್ರಸರಿಸುವುದಿಲ್ಲ. ಒಂದು ಕಾಯುವು ಪಾದ ರಸದ ಶಾಖಮಾಪಕದಲ್ಲಿನ 0 ಮತ್ತು 50 ಡಿಗ್ರಿಗಳ ನಡುವೆ ಅತಿ ತ್ವರಿತವಾಗಿಯೂ

ಮತ್ತು ಎರಡನೆಯ ಅಂತರದಲ್ಲಿ ನಿಧಾನವಾಗಿಯೂ ಪ್ರಸಾರವಾಗುತ್ತದೆ, ಆದರೆ ಮತ್ತೊಂದು ಕಾಯವು ಇದಕ್ಕೆ ವಿಪರ್ಯಯವಾಗಿ ವರ್ತಿಸುತ್ತದೆ.

ಭಿನ್ನ ಭಿನ್ನ ರೀತಿಯಲ್ಲಿ ಪ್ರಸಾರವಾಗುವ ಕಾಯಗಳಿಂದ ಶಾಖಮಾಪಕಗಳನ್ನು ಮಾಡಿದಾಗ, ಮೂಲ ಬಿಂದುಗಳಲ್ಲಿ ಅವುಗಳ ಅಳತೆ ಸಂಖ್ಯೆಗಳು ಒಂದೇ ಆಗಿದ್ದರೂ ಅವುಗಳ ಇತರ ಅಳತೆ ಸಂಖ್ಯೆಗಳಲ್ಲಿ ಗಮನಾರ್ಹವಾದ ಭಿನ್ನತೆಗಳನ್ನು ಕಾಣುತ್ತೇವೆ. ಇದೂ ಅಲ್ಲದೆ ನೀರಿನ ಶಾಖಮಾಪಕದಿಂದ ಈ ಮುಂದಿನ ವಿಷಯವು ಕಂಡು ಬರುತ್ತದೆ : ಶೂನ್ಯಕ್ಕೆ ತಂಪು ಮಾಡಿರುವ ಒಂದು ಕಾಯವನ್ನು ಒಂದು ವಿದ್ಯುತ್ ಒಲೆಯ ಮೇಲಿಟ್ಟರೆ, ಅದರ "ನೀರಿನ ಉಷ್ಣಾಂಶ"ವು ಮೊದಲಿಗೆ ಕಡಿಮೆಯಾಗಿ ಆಮೇಲೆ ಏರುತ್ತದೆ. ಹೀಗಾಗುವುದು ಏಕೆಂದರೆ, ನೀರನ್ನು ಕಾಯಿಸಿದಾಗ ಅದರ ಘನ ಅಳತೆಯನ್ನು ಮೊದಲು ಕಡಿಮೆ ಮಾಡಿಕೊಳ್ಳುತ್ತದೆ ಮತ್ತು ಆಮೇಲೆ "ಸ್ವಾಭಾವಿಕವಾಗಿ" ವರ್ತಿಸುತ್ತದೆ, ಅಂದರೆ ಕಾಯಿಸಿದಾಗ ಅದರ ಘನ ಅಳತೆಯು ಹೆಚ್ಚಾಗುತ್ತದೆ.

ಶಾಖಮಾಪಕಕ್ಕೋಸ್ಕರ ಬೇಕಾಗುವ ವಸ್ತುವನ್ನು ಮುಂದಾಲೋಚನೆಯಿಲ್ಲದೆ ಆಯ್ಕೆ ಮಾಡುವುದರಿಂದ ಬಿಕ್ಕಟ್ಟಿನ ಪರಿಸ್ಥಿತಿ ಏರ್ಪಡಬಹುದು ಎಂದು ಇದರಿಂದ ಸ್ಪಷ್ಟಪಡುವುದು.

ಹಾಗಾದರೆ, "ನೆಚ್ಚಬಹುದಾದ" ಶಾಖಮಾಪಕದ ಆಯ್ಕೆಯಲ್ಲಿ ನಮಗೆ ಮಾರ್ಗದರ್ಶಕ ಯಾವುದು ? ಯಾವ ವಸ್ತುವು ಈ ಉದ್ದೇಶಕ್ಕೆ ಆದರ್ಶಪೂರ್ವಕವಾದುದು ?

ಇಂತಹ ಆದರ್ಶ ಕಾಯಗಳ ವಿಚಾರವಾಗಿ ನಾವು ಹಿಂದೆಯೇ ಹೇಳಿದ್ದೇವೆ. ಅವುಗಳು ಆದರ್ಶ ಅನಿಲಗಳು. ಒಂದು ಆದರ್ಶ ಅನಿಲದ ಕಣಗಳ ನಡುವಿನಲ್ಲಿ ಪರಸ್ಪರ ಕ್ರಿಯೆಗಳು ಯಾವುವೂ ಇಲ್ಲ ಮತ್ತು ಒಂದು ಆದರ್ಶ ಅನಿಲದ ಪ್ರಸರಣದ ಪರಿಶೀಲನೆಯಿಂದ ಅದರ ಅಣುಗಳ ಚಲನೆಯು ಹೇಗೆ ವ್ಯತ್ಯಾಸವಾಗುವುದೆಂಬುದನ್ನು ಪರಿಶೀಲಿಸಬಹುದು. ಈ ಕಾರಣದಿಂದಾಗಿಯೇ ಒಂದು ಆದರ್ಶ ಅನಿಲವು ಶಾಖಮಾಪಕದ ಸಲುವಾಗಿ ಅತ್ಯಂತ ಉಪಯುಕ್ತವಾದ ಆದರ್ಶ ವಸ್ತುವಾಗಿದೆ.

ನಿಜವಾಗಿಯೂ ಗಣನೀಯ ವಿಷಯವೆಂದರೆ ನೀರಿನ ಪ್ರಸರಣವು ಅಲ್ಕೊ

ಹಾಲಿನದಂತೆ ಇಲ್ಲ (ಮತ್ತು ಹಾಗೆಯೇ ಆಲ್ಕೊಹಾಲಿನ ಪ್ರಸರಣವು ಗಾಜಿನದಂತೆ ಇಲ್ಲ, ಗಾಜಿನದು ಕಬ್ಬಿಣದಂತೆ ಇಲ್ಲ), ಆದರೆ ಜಲಜನಕ, ಆಮ್ಲಜನಕ, ಸಾರಜನಕ ಮತ್ತು ಆದರ್ಶವಾದುದು ಎಂದು ಪರಿಗಣಿಸಲು ಸಾಕಷ್ಟು ವಿರಳಪಡಿಸಿದ ಸ್ಥಿತಿಯಲ್ಲಿ ರುವ ಯಾವುದೇ ಅನಿಲವೂ ಕಾಯಿಸಿದಾಗ ಒಂದೇ ವಿಧವಾಗಿ ಪ್ರಸರಿಸುವುದು.

ಆದ್ದರಿಂದ ಒಂದು ಆದರ್ಶ ಅನಿಲದ ಘನ ಪ್ರಮಾಣದ ನಿರ್ದಿಷ್ಟ ಮೊತ್ತದಲ್ಲಿನ ವ್ಯತ್ಯಾಸವು ಭೌತವಿಜ್ಞಾನದಲ್ಲಿ ಉಷ್ಣಾಂಶವನ್ನು ನಿರ್ದೇಶಿಸಲು ಆಧಾರವಾಗಿ ಉಪಯುಕ್ತವಾಗುವುದು. ಅನಿಲಗಳ ಅತಿ ಹೆಚ್ಚು ಪ್ರಮಾಣದಲ್ಲಿ ಸಂಕುಚಿಸಲ್ಪಡುವ ಸ್ವಭಾವದಿಂದಾಗಿ, ಅನಿಲವು ಅವ್ಯತ್ಯಸ್ತವಾದ ಒತ್ತಡದಲ್ಲಿಯೇ ಇರುವಂತೆ ನೋಡಿ ಕೊಳ್ಳುವುದು ಅವಶ್ಯಕ.

ಒಂದು ಅನಿಲದ ಶಾಖಮಾಪಕದಲ್ಲಿ ಅಳತೆ ಅಂಕಿಗಳಲ್ಲಿ ಗುರುತುಮಾಡುವುದ ಕ್ಕಾಗಿ, ನಾವು ಆಯ್ದುಕೊಂಡಿರುವ ಅನಿಲ ಗಾತ್ರವನ್ನು 0°C ಮತ್ತು 100°Cಗಳ ಉಷ್ಣಾಂಶಗಳಲ್ಲಿ ನಿಷ್ಕೃಷ್ಟತೆಯಿಂದ ಅಳತೆ ಮಾಡಬೇಕು. $V_{100}$ ಮತ್ತು $V_0$ ಎಂಬ ಈ ಗಾತ್ರಗಳ ವ್ಯತ್ಯಾಸವನ್ನು 100 ಸಮವಾದ ಭಾಗಗಳಾಗಿ ವಿಂಗಡಿಸೋಣ. ಅಂದರೆ ಅನಿಲದ ಗಾತ್ರದಲ್ಲಿನ $(V_{100}-V_0)/100$ ಅಷ್ಟರ ವ್ಯತ್ಯಾಸವು ಒಂದು ಸೆಂಟಿಗ್ರೇಡ್ ಡಿಗ್ರಿಗೆ (1°C) ಅನುಗುಣವಾಗಿರುತ್ತದೆ.

ಈಗ ಶಾಖಮಾಪಕವು $V$ ಅಷ್ಟರ ಗಾತ್ರವನ್ನು ತೋರಿಸುತ್ತದೆ ಎಂದು ಭಾವಿ ಸೋಣ. ಈ ಗಾತ್ರಕ್ಕೆ ಯಾವ ಉಷ್ಣಾಂಶ $t$°C ಎಂಬುದು ಅನುಗುಣವಾಗಿರು ವುದು ?

$$t^{\circ}\mathrm{C} = \frac{V-V_0}{V_{100}-V_0}100, \text{ ಅಂದರೆ, } \frac{t^{\circ}\mathrm{C}}{100} = \frac{V-V_0}{V_{100}-V_0}$$

ಆಗುವುದು ಎಂದು ಸಾಧಿಸುವುದೇನೂ ಕಷ್ಟವಿಲ್ಲ.

ಈ ಸಮೀಕರಣದ ಸಹಾಯದಿಂದ, $V$ ಎಂಬ ಪ್ರತಿಯೊಂದು ಗಾತ್ರ ಪ್ರಮಾಣಕ್ಕೂ

$t$ ಎಂಬ ಉಷ್ಣಾಂಶವನ್ನು ನಿರ್ದೇಶಿಸಿ ಭೌತವಿಜ್ಞಾನಿಗಳು ಉಪಯೋಗಿಸುವ ಉಷ್ಣಾಂಶದ ಮಾನಪಟ್ಟಿಯನ್ನು* ರಚಿಸಬಹುದು.

ಉಷ್ಣಾಂಶವು ಹೆಚ್ಚಾದಂತೆಲ್ಲಾ ಅನಿಲದ ಘನ ಪ್ರಮಾಣವು ಮಿತಿಯಿಲ್ಲದೆ ಹೆಚ್ಚುತ್ತಾ ಹೋಗುವುದು – ಉಷ್ಣಾಂಶದ ಕಾರಣದಿಂದ ಹೆಚ್ಚಾಗುವುದಕ್ಕೆ ತತ್ವಶಃ ಯಾವ ಮಿತಿಯೂ ಇರುವುದಿಲ್ಲ. ಇದಕ್ಕೆ ಪ್ರತಿಯಾಗಿ ಕಡಿಮೆ ಮಟ್ಟದ (ಸೆಂಟಿಗ್ರೇಡ್ ಮಾನಪಟ್ಟಿಯಲ್ಲಿ ಋಣ) ಉಷ್ಣಾಂಶಗಳಿಗೆ ಮಿತಿ ಇದೆ.

---

* ಮಂಜುಗಡ್ಡೆಯು ಕರಗುವ ಬಿಂದುವನ್ನು O°C ಎಂದೂ ನೀರು ಕುದಿಯುವ ಬಿಂದುವನು 100°C ಎಂದೂ (ಇವೆರಡೂ 760 mm Hgಯ ಪ್ರಮಾಣಭೂತ ಒತ್ತಡದಲ್ಲಿ) ನಿಗದಿಮಾಡಿರುವ **ಸೆಂಟಿಗ್ರೇಡ್ ಮಾನಪಟ್ಟಿಯು** ಬಹಳ ಉಪಯುಕ್ತವಾದುದು. ಆದಾಗ್ಯೂ, ಬ್ರಿಟಿಷರೂ ಮತ್ತು ಅಮೆರಿಕನ್ನರೂ ನಮಗೆ ವಿಚಿತ್ರವಾಗಿ ತೋರುವ ಒಂದು ಉಷ್ಣಾಂಶ ಮಾನಪಟ್ಟಿಯನ್ನು ಇನ್ನೂ ಬಳಸುತ್ತಿರುವರು. ಒಂದು ಇಂಗ್ಲಿಷ್ ಕಾದಂಬರಿಯಿಂದ ತೆಗೆದ ಈ ಮುಂದಿನ ವಾಕ್ಯಕ್ಕೆ ನಿಮ್ಮ ಪ್ರತಿಕ್ರಿಯೆ ಏನಿರಬಹುದು : "ಬೇಸಿಗೆ ಕಾಲವು ಬಿಸಿಯಾಗಿರಲಿಲ್ಲ, ಉಷ್ಣಾಂಶವು 60–70 ಡಿಗ್ರಿಗಳಾಗಿದ್ದಿತು." ಅಚ್ಚಿನ ತಪ್ಪೇ ? ಇಲ್ಲ, ಫಾರೆನ್‌ಹೈಟ್ ಮಾನಪಟ್ಟಿ (°F). ಇಂಗ್ಲೆಂಡಿನಲ್ಲಿ ಉಷ್ಣಾಂಶವು –20°C ಗಿಂತ ಕೆಳಗೆ ಇಳಿಯುವುದು ಬಹಳ ಅಪರೂಪ. ಫಾರೆನ್‌ಹೈಟನು ಹೆಚ್ಚು ಕಡಿಮೆ ಇಷ್ಟೇ ಉಷ್ಣಾಂಶವಿರುವ ಮಂಜುಗಡ್ಡೆ ಮತ್ತು ಉಪ್ಪು ಇವುಗಳ ಒಂದು ಮಿಶ್ರಣವನ್ನು ತೆಗೆದುಕೊಂಡು ಅದರ ಉಷ್ಣಾಂಶವನ್ನು ತನ್ನ ಪಟ್ಟಿಯ ಶೂನ್ಯ ಬಿಂದುವಾಗಿ ನಿಗದಿಮಾಡಿಕೊಂಡನು. ಅದರ ನಿರ್ಮಾಪಕನ ಮಾತುಗಳಲ್ಲಿ, ಮನುಷ್ಯ ಶರೀರದ ಪ್ರಮಾಣಭೂತ ಉಷ್ಣಾಂಶವನ್ನು ಈ ಮಾನಪಟ್ಟಿಯ 100°C ಬಿಂದುವಾಗಿ ತೆಗೆದುಕೊಳ್ಳಲಾಯ್ತು. ಆದರೆ ಈ ಬಿಂದುವನ್ನು ನಿಗದಿಮಾಡಲು ಫಾರೆನ್‌ಹೈಟನು ಪ್ರಾಯಶಃ ಸ್ವಲ್ಪಮಟ್ಟಿನ ಜ್ವರ ಬಂದಿರುವ ವ್ಯಕ್ತಿಯ ಸಹಾಯವನ್ನು ಪಡೆದಿರಬಹುದು. **ಫಾರೆನ್‌ಹೈಟ್ ಮಾನಪಟ್ಟಿಯಲ್ಲಿ** ಒಂದು ಮನುಷ್ಯ ದೇಹದ ಸರಾಸರಿ ಪ್ರಮಾಣಭೂತ ಉಷ್ಣಾಂಶವು 98°F ಆಗಿರುವುದು. ಈ ಪಟ್ಟಿಯ ಪ್ರಕಾರ, ನೀರು +32°Fನಲ್ಲಿ ಹೆಪ್ಪುಗಟ್ಟುತ್ತದೆ ಮತ್ತು 212°Fನಲ್ಲಿ ಕುದಿಯುತ್ತದೆ. ಪರಿವರ್ತನೆಯ ಸೂತ್ರವು ಹೀಗಿರುವುದು :

$$t^\circ C = \frac{5}{9}(t-32)^\circ F$$

ಉಷ್ಣಾಂಶವನ್ನು ಇಳಿಸಿದಾಗ ಏನಾಗುವುದು ? ನಿಜವಾದ ಒಂದು ಅನಿಲವು ಕಟ್ಟಕಡೆಗೆ ದ್ರವವಾಗುವುದು ಮತ್ತು ಉಷ್ಣಾಂಶದ ಇನ್ನೂ ಹೆಚ್ಚು ಇಳಿತದಿಂದ ಗಟ್ಟಿಯಾಗುವುದು. ಅನಿಲದ ಅಣುಗಳು ಒಂದು ಸಣ್ಣ ಘನ ಪ್ರಮಾಣದ ಪ್ರದೇಶ ದಲ್ಲಿ ಒಟ್ಟುಗೂಡುವುವು. ಆದರ್ಶ ಅನಿಲ ಒಂದರಿಂದ ತುಂಬಲ್ಪಟ್ಟ ಒಂದು ಶಾಖ ಮಾಪಕಕ್ಕೆ ಈ ಪ್ರದೇಶದ ಘನ ಪ್ರಮಾಣವು ಯಾವುದಕ್ಕೆ ಸಮನಾಗಿರುವುದು ? ಅದರ ಅಣುಗಳಲ್ಲಿ ಪರಸ್ಪರ ಪ್ರತಿಕ್ರಿಯೆ ಇರುವುದಿಲ್ಲ ಮತ್ತು ಅವುಗಳು ಸ್ವತಃ ತಮ್ಮದೇ ಆದ ಗಾತ್ರವನ್ನೂ ಹೊಂದಿರುವುದಿಲ್ಲ. ಆದ್ದರಿಂದ ಉಷ್ಣಾಂಶವನ್ನು ಕಡಿಮೆಮಾಡುತ್ತ ಹೋದರೆ ಒಂದು ಆದರ್ಶ ಅನಿಲದ ಘನ ಅಳತೆಯು ಶೂನ್ಯ ಪ್ರಮಾಣಕ್ಕೆ ಇಳಿಯುವುದು. ವ್ಯವಹಾರದಲ್ಲಿ ಒಂದು ಆದರ್ಶ ಅನಿಲದ ವರ್ತನೆಗೆ ಉದಾಹರಣೆಗೆ, ಶೂನ್ಯ ಪ್ರಮಾಣದ ಘನ ಅಳತೆಗೆ, ಎಷ್ಟು ಬೇಕಾದರೂ ಅಷ್ಟು ಸಮೀಪಕ್ಕೆ ಸೇರಬಹುದು. ಇದಕ್ಕಾಗಿ ಅನಿಲದ ಶಾಖಮಾಪಕವನ್ನು ಇನ್ನೂ ಹೆಚ್ಚು ಹೆಚ್ಚು ವಿರಳ ಮಾಡಿದ ಅನಿಲದಿಂದ ತುಂಬಬೇಕಾಗುವುದು. ಆದ್ದರಿಂದ ಅನಿಲದ ಘನ ಅಳತೆಯ ಕನಿಷ್ಠ ಪ್ರಮಾಣವು ಶೂನ್ಯಕ್ಕೆ ಸಮವೆಂದು ಇಟ್ಟು ಕೊಳ್ಳುವುದರಿಂದ ತಪ್ಪಾಗುವುದಿಲ್ಲ.

ನಮ್ಮ ಸೂತ್ರದ ಪ್ರಕಾರ, ಕನಿಷ್ಠ ಪ್ರಮಾಣದ ಉಷ್ಣಾಂಶವು ಶೂನ್ಯ ಪ್ರಮಾಣದ ಘನ ಅಳತೆಗೆ ಅನುಗುಣವಾಗಿರುವುದು. ಈ ಉಷ್ಣಾಂಶಕ್ಕೆ ಉಷ್ಣಾಂಶದ **ಪರಮ ಶೂನ್ಯ** (absolute zero) ಎಂದು ಹೆಸರು.

ಸೆಂಟಿಗ್ರೇಡ್ ಮಾನಪಟ್ಟಿಯಲ್ಲಿ ಈ ಪರಮ ಶೂನ್ಯ ಬಿಂದುವಿನ ಸ್ಥಾನ ವನ್ನು ಕಂಡುಹಿಡಿಯುವುದಕ್ಕೆ, ಈಗತಾನೆ ತೋರಿಸಿಕೊಟ್ಟಿರುವ ಸೂತ್ರದಲ್ಲಿ ಘನ ಅಳತೆಗೆ ಪ್ರತಿಯಾಗಿ ಶೂನ್ಯವನ್ನು ಬರೆಯಬೇಕು ($V=0$). ಇದರಿಂದಾಗಿ, ಪರಮ ಶೂನ್ಯದ ಉಷ್ಣಾಂಶವು $-100V_0/(V_{100}-V_0)$ಗೆ ಸಮವಾಗಿರುವುದು.

ಈ ಗಮನಾರ್ಹವಾದ ಬಿಂದುವು ಸುಮಾರು $-273$ °C (ಇನ್ನೂ ನಿಷ್ಕೃಷ್ಟ ವಾಗಿ —273.15 °C) ಉಷ್ಣಾಂಶಕ್ಕೆ ಸರಿಹೊಂದಿರುವುದು.

ಹೀಗಾಗಿ, ಪರಮ ಶೂನ್ಯಕ್ಕಿಂತ ಕೆಳಗಿನ ಉಷ್ಣಾಂಶಗಳಿರುವುದಿಲ್ಲ: ಏಕೆಂದರೆ, ಅವುಗಳು ಒಂದು ಅನಿಲದ ಋಣ ಘನ ಅಳತೆಗೆ ಅನುಗುಣವಾಗಿರಬೇಕಾಗುವುದು.

ಇದಕ್ಕಿಂತ ಕಡಿಮೆಯಾದ ಉಷ್ಣಾಂಶಗಳನ್ನು ಪ್ರಸ್ತಾಪಿಸುವುದರಲ್ಲಿ ಅರ್ಥವೇ ಇಲ್ಲ. ಪರಮ ಶೂನ್ಯಕ್ಕಿಂತ ಕೆಳಗಿನ ಉಷ್ಣಾಂಶಗಳನ್ನು ಪಡೆಯುವುದು, ಶೂನ್ಯಕ್ಕಿಂತ ಕಡಿಮೆಯಾದ ವ್ಯಾಸವುಳ್ಳ ಒಂದು ತಂತಿಯನ್ನು ಮಾಡುವಷ್ಟೇ ಅಸಾಧ್ಯವಾದುದು.

ಪರಮ ಶೂನ್ಯದಲ್ಲಿ ಒಂದು ಕಾಯವನ್ನು ಇನ್ನೂ ತಂಪು ಮಾಡುವುದಕ್ಕಾಗುವುದಿಲ್ಲ, ಅಂದರೆ, ಅದರಿಂದ ಶಕ್ತಿಯನ್ನು ಹೊರಕ್ಕೆ ತೆಗೆದುಕೊಳ್ಳುವುದಕ್ಕಾಗುವುದಿಲ್ಲ. ಬೇರೆ ಮಾತುಗಳಲ್ಲಿ ಹೇಳುವುದಾದರೆ, ಕಾಯಗಳೂ ಮತ್ತು ಅವುಗಳನ್ನು ರಚಿಸುವ ಕಣಗಳೂ ಪರಮ ಶೂನ್ಯದಲ್ಲಿ ಅತ್ಯಂತ ಕನಿಷ್ಠ ಪ್ರಮಾಣದ ಶಕ್ತಿಯನ್ನು ಹೊಂದಿರುವುವು. ಇದರ ಪರಿಣಾಮವಾಗಿ ಪರಮ ಶೂನ್ಯದಲ್ಲಿ ಚಲನ ಶಕ್ತಿಯು ಶೂನ್ಯಕ್ಕೆ ಸಮವಾಗಿರುವುದು ಮತ್ತು ಸ್ಥಿತಿಜ ಶಕ್ತಿಯು ಅತ್ಯಂತ ಕನಿಷ್ಠ ಪ್ರಮಾಣದ ಮೌಲ್ಯವನ್ನು ತಳೆಯುವುದು.

ಪರಮ ಶೂನ್ಯವು ಅತ್ಯಂತ ಕನಿಷ್ಠಮಟ್ಟದ ಉಷ್ಣಾಂಶವಾಗಿರುವುದರಿಂದ, ಭೌತವಿಜ್ಞಾನದಲ್ಲಿ, ಅದರಲ್ಲಿಯೂ ಮುಖ್ಯವಾಗಿ ಕನಿಷ್ಠ ಉಷ್ಣಾಂಶಗಳ ಪ್ರಬಲ ಪಾತ್ರವಿರುವ ಅದರ ಭಾಗಗಳಲ್ಲಿ, ಅಳತೆ ಸಂಖ್ಯೆಗಳು ಪರಮ ಶೂನ್ಯದಿಂದ ಆರಂಭಿಸುವ **ಪರಮ ಮಾನಪದ್ಧತಿ** ಬಳಸುವುದು ಸಹಜವೇ ಆಗಿರುವುದು. $T_{abs} = (t+273)°C$ ಎಂಬುದು ಸ್ಪಷ್ಟ (ಇಲ್ಲಿ $T_{abs}$ ಎಂಬುದು ಪರಮ ಮಾನ ಉಷ್ಣಾಂಶ, $t$ ಎಂಬುದು ಸೆಂಟಿಗ್ರೇಡ್ ಮಾನದಲ್ಲಿ). ಪರಮ ಮಾನದಲ್ಲಿ ಕೊಠಡಿಯ ಉಷ್ಣಾಂಶವು ಸುಮಾರು 300 °C ಆಗಿರುವುದು. ಹತ್ತೊಂಬತ್ತನೆಯ ಶತಮಾನದ ಪ್ರಖ್ಯಾತ ಇಂಗ್ಲಿಷ್ ವಿಜ್ಞಾನಿಯ ಗೌರವಾರ್ಥವಾಗಿ ಪರಮ ಮಾನವನ್ನು **ಕೆಲ್ವಿನ್ ಮಾನ**ವೆಂದೂ ಕರೆಯುವರು. ಮತ್ತು $T_{abs}$ ಎಂಬುದರ ಬದಲು $T$ K ಎಂಬ ಚಿಹ್ನೆಯು ಉಪಯೋಗಿಸಲ್ಪಡುವುದು.

ಪರಮ ಉಷ್ಣಾಂಶ $T$ ಕಂಡುಹಿಡಿಯುವ ಅನಿಲದ ಶಾಖಮಾಪಕದ ಸೂತ್ರವನ್ನು ಹೀಗೆ ಬರೆಯಬಹುದು :

$$T = 100\frac{V-V_0}{V_{100}-V_0}+273$$

ಇದರಲ್ಲಿ $100V_0/(V_{100}-V_0)=273$ ಎಂಬ ಸಮೀಕರಣವನ್ನು ಬಳಸಿಕೊಂಡರೆ ಈ ಮುಂದಿನ ಸರಳರೂಪದ ಫಲಿತಾಂಶವು ಲಭಿಸುವುದು :

$$\frac{T}{273}=\frac{V}{V_0}$$

ಇದರಿಂದಾಗಿ ಪರಮ ಉಷ್ಣಾಂಶವು ಒಂದು ಆದರ್ಶ ಅನಿಲದ ಘನ ಅಳತೆಯ ಪ್ರಮಾಣಕ್ಕೆ ಅನುಲೋಮವಾಗಿರುತ್ತದೆ.

ಉಷ್ಣಾಂಶದ ನಿಖರವಾದ ಅಳತೆಗಳಿಗೆ ಭೌತವಿಜ್ಞಾನಿಯು ವಿಧವಿಧವಾದ ಸಲಕರಣೆಗಳನ್ನು ಉಪಯೋಗಿಸಬೇಕಾಗುವುದು. ಪಾದರಸ, ಆಲ್ಕೊಹಾಲ್ (ಉತ್ತರ ಧ್ರುವದ ಪ್ರದೇಶಗಳಲ್ಲಿ) ಮತ್ತು ಇತರ ಶಾಖಮಾಪಕಗಳನ್ನು ಒಂದು ಅನಿಲದ ಶಾಖಮಾಪಕದೊಡನೆ ಬಹಳ ವಿಶಾಲವಾದ ಉಷ್ಣಾಂಶದ ಅಂತರದಲ್ಲಿ ಸರಿಹೋಲಿಸಿ ಅಳತೆ ಗುರುತು ಮಾಡಲಾಗುವುದು. ಹಾಗಾದರೂ, ಇದು ಎಲ್ಲಾ ಅನಿಲಗಳು ದ್ರವರೂಪವನ್ನು ಹೊಂದುವ ಉಷ್ಣಾಂಶಗಳಿಗೂ (0.7 K ಗಿಂತ ಕೆಳಗೆ) ಮತ್ತು 600 °C ಗಿಂತ ಹೆಚ್ಚಿನ ಪರಮ ಶೂನ್ಯಕ್ಕೆ ಬಹಳ ಸಮೀಪದ ಉಷ್ಣಾಂಶಕ್ಕೂ, –ಆಗ ಅನಿಲಗಳು ಗಾಜಿನೊಳಗೆ ತೂರಿಕೊಂಡು ಹೋಗುತ್ತವೆ– ಉಪಯುಕ್ತವಾಗಿರುವುದಿಲ್ಲ. ಬಹಳ ಎತ್ತರಮಟ್ಟದ ಮತ್ತು ಅತಿ ಕೆಳಮಟ್ಟದ ಉಷ್ಣಾಂಶಗಳ ಅಳತೆಗೆ ಬೇರೆ ವಿಧದ ಉಷ್ಣಾಂಶ ಅಳತೆಯ ವಿಧಾನಗಳು ಉಪಯೋಗಿಸಲ್ಪಡುವುವು.

ಉಷ್ಣಾಂಶದ ಅಳತೆಗೆ ಕಾರ್ಯತಃ ಉಪಯೋಗಕರವಾದ ಪದ್ಧತಿಗಳ ವಿಚಾರ ಹೇಳಬೇಕಾದರೆ ಅವುಗಳು ನಾನಾ ಬಗೆಯುವು : ವಿದ್ಯುತ್ ಸಂಬಂಧದ ವಿಧ್ಯಮಾನ ಗಳನ್ನವಲಂಬಿಸಿದ ಉಪಕರಣಗಳು ಬಹಳ ಮುಖ್ಯವಾದವು. ಈಗ ನಾವು ಜ್ಞಾಪಕ ದಲ್ಲಿಡಬೇಕಾದ ವಿಷಯವು ಒಂದೇ ಒಂದು–ಎಲ್ಲಾ ಉಷ್ಣಾಂಶಗಳ ಅಳತೆಗಳಲ್ಲೂ ನಾವು ಪಡೆಯುವ ಅಳತೆ ಸಂಖ್ಯೆಯು ಒಂದು ವಿರಳನಪಡಿಸಿದ ಅನಿಲದ ವಿಸ್ತರಣದ ಅಳತೆಯು ಕೊಡುವ ಸಂಖ್ಯೆಯೊಡನೆ ಪೂರ್ತಿ ಸರಿಹೊಂದಿಕೊಳ್ಳುವುದೆಂದು ನಾವು ದೃಢಪಡಿಸಿಕೊಳ್ಳಬೇಕು.

ಬಹು ಎತ್ತರಮಟ್ಟದ ಉಷ್ಣಾಂಶಗಳು ಒಲೆಗಳು, ಕುಲುಮೆಗಳು ಮತ್ತು

ಜ್ವಾಲಕಗಳಲ್ಲಿ ಉಂಟಾಗುತ್ತವೆ. 220–280 °Cಗಳ ಉಷ್ಣಾಂಶಗಳು ರೊಟ್ಟಿ ಸುಡುವ ಒಲೆಗಳಲ್ಲಿ ಉಂಟಾಗುತ್ತವೆ. ಇದಕ್ಕಿಂತ ಹೆಚ್ಚಾದ ಉಷ್ಣಾಂಶಗಳನ್ನು ಲೋಹವಿದ್ಯೆಯಲ್ಲಿ ಉಪಯೋಗಿಸಲಾಗುವುದು – ಕಠಿನಪಡಿಸುವ ಕುಲುಮೆಗಳು 900–1000 °C ಕೊಡುತ್ತವೆ, ಲೋಹಗಳನ್ನು ಕರಗಿಸುವ ಕುಲುಮೆಗಳು 1400 –1500 °C ಕೊಡುತ್ತವೆ. ಉಕ್ಕಿನ ಕುಲುಮೆಗಳಲ್ಲಿ 2000 °C ಗಳ ಉಷ್ಣಾಂಶಗಳನ್ನು ತಲಪಬಹುದು.

ಕುಲುಮೆಗಳಲ್ಲಿ ಬಹು ಹೆಚ್ಚು ಪ್ರಮಾಣದ ಉಷ್ಣಾಂಶಗಳ ಪರಮಾವಧಿ ಮಟ್ಟವು ವಿದ್ಯುಚ್ಚಾಪಗಳ ಸಹಾಯದಿಂದ (ಸುಮಾರು 5000 °C) ಪಡೆಯಬಹುದು. ವಿದ್ಯುಚ್ಚಾಪ ಉರಿಯು ಶಾಖದಿಂದ ಕರಗಿಸಲು ಅತ್ಯಂತ ಕಷ್ಟವಾದ ಲೋಹಗಳನ್ನೂ "ಜಗ್ಗಿಸುವುದು" ಸಾಧ್ಯವಾಗುವಂತೆ ಮಾಡುತ್ತದೆ.

ಮತ್ತು, ಒಂದು ಅನಿಲದ ದೀವಿಗೆಯ ಜ್ವಾಲಕದ ಉರಿಯ ಉಷ್ಣಾಂಶವು ಎಷ್ಟು ? ಉರಿಯೊಳಗಿನ ನೀಲಿ ಬಣ್ಣದ ಶಂಕುವಿನಲ್ಲಿ ಉಷ್ಣಾಂಶವು ಕೇವಲ 300 °C ಗಳಾಗಿರುವುದು. ಹೊರಗಿನ ಶಂಕುವಿನಲ್ಲಿನ ಉಷ್ಣಾಂಶವು 1800 °C ಗಳಷ್ಟಾಗುವುದು.

ಒಂದು ಪರಮಾಣು ಬಾಂಬಿನ ಸಿಡಿತದಲ್ಲಿ ಇನ್ನೂ ಅತಿ ಹೆಚ್ಚು ಮಟ್ಟದ ಉಷ್ಣಾಂಶಗಳು ಉಂಟಾಗುತ್ತವೆ. ಪರೋಕ್ಷ ಅಂದಾಜುಗಳ ಆಧಾರದ ಮೇಲೆ ನಿರ್ಣಯಿಸಿದರೆ, ಸ್ಫೋಟನೆಯ ಕೇಂದ್ರದಲ್ಲಿ ಉಷ್ಣಾಂಶವು ಹಲವಾರು ಹತ್ತು ಲಕ್ಷ ಡಿಗ್ರಿಗಳ ಮಟ್ಟವನ್ನು ತಲಪುತ್ತದೆ.

ಸೋವಿಯೆತ್ ಯೂನಿಯನ್ ಮತ್ತು ಇತರ ದೇಶಗಳಲ್ಲಿನ ವಿಶಿಷ್ಟ ರೀತಿಯ ಪ್ರಯೋಗಶಾಲೆಗಳಲ್ಲಿ ಇಂತಹ ಅತ್ಯುಚ್ಚಮಟ್ಟದ ಉಷ್ಣಾಂಶಗಳನ್ನು ಪಡೆದುಕೊಳ್ಳುವ ಪ್ರಯತ್ನಗಳು ಇತ್ತೀಚೆಗೆ ನಡೆದಿವೆ. ಹಲವಾರು ಹತ್ತು ಲಕ್ಷ ಡಿಗ್ರಿಗಳ ಉಷ್ಣಾಂಶಗಳನ್ನು ಬಹಳ ಸ್ವಲ್ಪ ಕಾಲದ ಅವಧಿಗಳಲ್ಲಿ ಉಂಟಾಗುವಂತೆ ಮಾಡಲು ಸಾಧ್ಯವಾಗಿದೆ.

ಅತ್ಯುಚ್ಚಮಟ್ಟದ ಉಷ್ಣಾಂಶಗಳು ಪ್ರಕೃತಿಯಲ್ಲಿಯೂ ದೊರೆಯುತ್ತವೆ, ಆದರೆ ಭೂಮಿಯ ಮೇಲೆ ಅಲ್ಲ, ಆದರೆ ವಿಶ್ವದ ಇತರ ಕಾಯಗಳ ಮೇಲೆ. ನಕ್ಷತ್ರಗಳ,

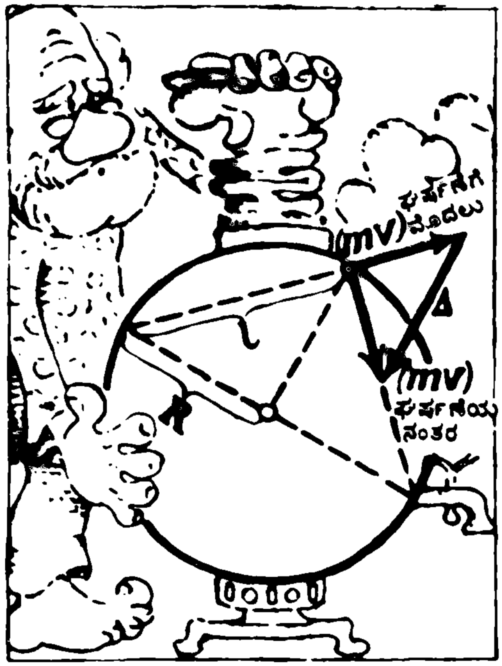
ಅದರಲ್ಲಿಯೂ ಸೂರ್ಯನ, ಕೇಂದ್ರದಲ್ಲಿ ಉಷ್ಣಾಂಶವು ನೂರಾರು ಲಕ್ಷ ಡಿಗ್ರಿಗಳಷ್ಟಿರುವುದು. ಆದರೆ ನಕ್ಷತ್ರಗಳ ಮೇಲ್ಮೈಯಲ್ಲಿ ಉಷ್ಣಾಂಶವು ಇದಕ್ಕಿಂತ ಬಹಳ ಕಡಿಮೆಯಾಗಿರುವುದು, 20 000 °C ಗಿಂತ ಹೆಚ್ಚಿಲ್ಲ. ಸೂರ್ಯನ ಮೇಲ್ಮೈಯು 6000 °C ಗಳಿಗೆ ಬಿಸಿಯಾಗುವುದು.

## ಆದರ್ಶ ಅನಿಲ ಸಿದ್ಧಾಂತ

ಉಷ್ಣಾಂಶದ ಲಕ್ಷಣ ನಿರ್ದೇಶವನ್ನು ನೀಡುವ ಆದರ್ಶ ಅನಿಲದ ಗುಣಗಳು ಬಹಳ ಸರಳವಾದವು. ಅವ್ಯತ್ಯಸ್ತ ಉಷ್ಣಾಂಶಗಳಲ್ಲಿ ಬಾಯಲ್ ನಿಯಮವು ಊರ್ಜಿತವಾಗಿರುವುದು : ಘನ ಅಳತೆ ಅಥವಾ ಒತ್ತಡ ಇವುಗಳ ವ್ಯತ್ಯಾಸವುಂಟಾದಾಗ, $pV$ ಗುಣಲಬ್ಧವು ಅವ್ಯತ್ಯಸ್ತವಾಗಿ ಉಳಿಯುವುದು, ಒತ್ತಡವು ಒಂದೇ ಸಮನಾಗಿದ್ದರೆ, ಗಾತ್ರವೂ ಉಷ್ಣಾಂಶವೂ ಯಾವ ವಿಧದಲ್ಲಿ ವ್ಯತ್ಯಾಸವಾದರೂ $V/T$ಯು ವ್ಯತ್ಯಾಸಗೊಳ್ಳದೆ ಉಳಿಯುವುದು. ಈ ಎರಡು ನಿಯಮಗಳನ್ನೂ ಒಟ್ಟುಗೂಡಿಸುವುದು ಸುಲಭ. ಉಷ್ಣಾಂಶವು ಅವ್ಯತ್ಯಸ್ತವಾಗಿದ್ದು, $V$ ಮತ್ತು $p$ ಇವುಗಳು ವ್ಯತ್ಯಾಸವಾದರೆ $pV/T$ ಎಂಬ ವ್ಯಂಜಕವು ಅವ್ಯತ್ಯಸ್ತವಾಗಿ ಉಳಿಯುವುದು; ಒತ್ತಡವು ವ್ಯತ್ಯಾಸವಾಗದೆ $V$ ಮತ್ತು $T$ ವ್ಯತ್ಯಾಸವಾದರೂ ಇದೇ ಸರಿಯಾಗಿರುವುದು. $p, V, T$ ಈ ಮೂರು ಮೊತ್ತಗಳಲ್ಲಿ ಯಾವ ಎರಡೇ ಬದಲಾದರೂ ಅಲ್ಲದೆ ಒಟ್ಟಿಗೆ ಮೂರೂ ಬದಲಾದರೂ $pV/T$ ವ್ಯಂಜಕವು ಅವ್ಯತ್ಯಸ್ತವಾಗಿ ಉಳಿಯುವುದು. $pV/T =$ ಅವ್ಯತ್ಯಸ್ತ ಎಂಬ ನಿಯಮಕ್ಕೆ **ಆದರ್ಶ ಅನಿಲದ ಸ್ಥಿತಿ ಸಮೀಕರಣ** ಎಂದು ಹೆಸರು.

ಶಾಖಮಾಪಕಕ್ಕೆ ಆದರ್ಶ ಅನಿಲವನ್ನು ಆಯ್ದುಕೊಳ್ಳುವುದು ಏಕೆಂದರೆ ಅದರ ಗುಣಗಳು ಅದರ ಅಣುಗಳ ಚಲನೆಯನ್ನು ಮಾತ್ರ (ಅವುಗಳ ಪರಸ್ಪರ ಕ್ರಿಯೆಯನ್ನಲ್ಲದೆ) ಅವಲಂಬಿಸಿರುತ್ತವೆ.

ಅಣುಗಳ ಚಲನೆಗೂ ಮತ್ತು ಉಷ್ಣಾಂಶಕ್ಕೂ ಇರುವ ಸಂಬಂಧದ ಸ್ವಭಾವವು ಎಂತಹುದು ? ಈ ಪ್ರಶ್ನೆಗೆ ಉತ್ತರ ಕೊಡಬೇಕಾದರೆ, ಒಂದು ಅನಿಲದ **ಒತ್ತಡಕ್ಕೂ** ಮತ್ತು ಅದರ ಅಣುಗಳ ಚಲನೆಗೂ ಇರುವ **ಸಂಬಂಧವನ್ನು** ಕಂಡುಹಿಡಿಯಬೇಕು.




**ಚಿತ್ರ 3.1**

*R* ತ್ರಿಜ್ಯವುಳ್ಳ ಒಂದು ಗೋಳಾಕಾರದ ಪಾತ್ರೆಯಲ್ಲಿ, ಒಂದು ಅನಿಲದ *N* ಅಣುಗಳಿವೆ (ಚಿತ್ರ 3.1). ಯಾವುದಾದರೂ ಒಂದು ಅಣುವನ್ನು, ಉದಾಹರಣೆಗೆ, ಒಂದು ನಿರ್ದಿಷ್ಟ ಕ್ಷಣದಲ್ಲಿ $l$ ಉದ್ದವಿರುವ ಒಂದು ಜ್ಯಾದ ಮೇಲೆ ಎಡದಿಂದ ಬಲಕ್ಕೆ ಚಲಿಸುತ್ತಿರುವ ಅಣುವನ್ನು ಹಿಂಬಾಲಿಸೋಣ. ಅಣುಗಳ ಸಂಘರ್ಷಣೆಗಳನ್ನು ಗಮನಿಸುವುದು ಬೇಡ : ಇಂತಹ ಸಂಘರ್ಷಣೆಗಳು ಒತ್ತಡದ ಮೇಲೆ ಯಾವ ಪರಿಣಾಮವನ್ನೂ ಉಂಟುಮಾಡುವುದಿಲ್ಲ. ಪಾತ್ರೆಯ ಎಲ್ಲೆಗೆ ಹಾರಿ, ಅಣುವು ಗೋಡೆಗೆ ತಗುಲಿ ಬೇರೆ ದಿಕ್ಕಿನಲ್ಲಿ ಅದೇ ವೇಗದೊಡನೆ ಹಾಯುತ್ತದೆ (ಘರ್ಷಣೆಯು ಸ್ಥಿತಿಸ್ಥಾಪಕವಾದುದು). ಭಾವಾತ್ಮಕವಾಗಿ, ಪಾತ್ರೆಯೊಳಗೆ ಇಂತಹ ಪ್ರಯಾಣವು ಶಾಶ್ವತವಾಗಿ ಮುಂದುವರಿಯಬಹುದು. ಅಣುವಿನ ವೇಗವು $v$ ಆಗಿದ್ದರೆ, ಪ್ರತಿಯೊಂದು ಘರ್ಷಣೆಯೂ $l/v$ ಸೆಕೆಂಡುಗಳಾದ ಮೇಲೆ ಸಂಭವಿಸುವುದು. (ಅಂದರೆ, ಪ್ರತಿಯೊಂದು ಅಣುವೂ ಗೋಡೆಯನ್ನು ಪ್ರತಿ ಸೆಕೆಂಡಿಗೆ $v/l$ ಸಲಗಳು ಬಡಿಯುತ್ತದೆ) *N* ಅಣುಗಳ ಹೊಡೆತಗಳ ಅವಿಚ್ಛಿನ್ನ ಸುರಿಮಳೆಯು ಒಟ್ಟುಗೂಡಿ ಒತ್ತಡದ ಒಂದೇ ಆದ ಬಲವಾಗಿ ಪರಿಣಮಿಸುವುದು.

ನ್ಯೂಟನ್ನನ ನಿಯಮದ ಪ್ರಕಾರ, ಬಲವು ಕಾಲದ ಒಂದು ಏಕಮಾನದ ಅವಧಿಯಲ್ಲಿ ಸಂಭವಿಸುವ ಆವೇಗದ ವ್ಯತ್ಯಾಸಕ್ಕೆ ಸಮವಾಗಿರುವುದು. ಪ್ರತಿಯೊಂದು ಹೊಡೆತದಲ್ಲಿಯೂ ಸಂಭವಿಸುವ ಆವೇಗದ ವ್ಯತ್ಯಾಸವನ್ನು $\triangle$ ಎಂದು ಸೂಚಿಸೋಣ. ಈ ವ್ಯತ್ಯಾಸವು ಒಂದು ಸೆಂಕೆಂಡಿಗೆ $v/l$ ಸಲ ಉಂಟಾಗುವುದು. ಆದ್ದರಿಂದ ಒಂದೇ ಒಂದು ಅಣುವಿನಿಂದ ಬಲದ ಪರಿಮಾಣಕ್ಕೆ ಸಲ್ಲುವ ಕೊಡುಗೆಯು $\triangle v/l$ ಆಗುತ್ತದೆ.

ಆಘಾತವಾಗುವುದಕ್ಕೆ ಮುಂಚಿನ ಮತ್ತು ಅದರ ನಂತರದ ಆವೇಗ ಸದಿಶ ಪರಿಮಾಣಗಳನ್ನೂ ಮತ್ತು ಆವೇಗ ವ್ಯತ್ಯಾಸ $\triangle$ ಅನ್ನೂ ಚಿತ್ರ 3.1ರಲ್ಲಿ ರಚಿಸಿ ತೋರಿಸಿದೆ. ಈ ರಚನೆಯಲ್ಲಿ ಉಂಟಾಗುವ ತ್ರಿಭುಜಗಳ ಸಮರೂಪತೆಯ ಫಲವಾಗಿ $\triangle/l = mv/R$ ಎಂದಾಗುತ್ತದೆ. ಒಂದೇ ಒಂದು ಅಣುವಿನಿಂದ ಬಲಕ್ಕೆ ಸಲ್ಲುವ ಕೊಡುಗೆಯು ಈ ಮುಂದಿನ ರೂಪವನ್ನು ತಾಳುತ್ತದೆ :

$$\frac{mv^2}{R}$$

ಈ ಸೂತ್ರದಲ್ಲಿ ಜ್ಯಾದ ಉದ್ದವು ಪ್ರವೇಶಿಸಿಲ್ಲವಾದ್ದರಿಂದ, ಯಾವುದೇ ಅನಿರ್ದಿಷ್ಟ ಜ್ಯಾಗಳಲ್ಲಿ ಚಲಿಸುವ ಅಣುಗಳೆಲ್ಲಾ ಬಲಕ್ಕೆ ನೀಡುವ ಕೊಡುಗೆಯು ಒಂದೇ ಆಗಿರುವುದೆಂದು ಸ್ಪಷ್ಟಪಡುವುದು. ಅಸಮ ಕೋನದಲ್ಲಿ ಬಾಗಿರುವ ಆಘಾತಗಳಲ್ಲಿ ಉಂಟಾಗುವ ಆವೇಗದ ವ್ಯತ್ಯಾಸವು ಕಡಿಮೆ ಮೌಲ್ಯದ್ದೆಂಬುದೇನೊ ನಿಜ. ಆದರೆ ಇಂತಹ ಆಘಾತಗಳು ಪದೇ ಪದೇ ಸಂಭವಿಸುತ್ತವೆ. ಈ ಎರಡು ಪರಿಣಾಮಗಳು ಒಂದಕ್ಕೊಂದು ಸಮವಾಗಿ ಪ್ರತಿಫಲ ಕೊಡುತ್ತವೆ ಎಂದು ಗಣನೆಗಳಿಂದ ತಿಳಿದು ಬರುತ್ತದೆ.

ಗೋಳದೊಳಗೆ $N$ ಅಣುಗಳಿರುವುದರಿಂದ ಸಂಘಟಿತ ಬಲದ ಮೊತ್ತವು

$$\frac{Nmv^2_{av}}{R}$$

ಆಗುತ್ತದೆ. ಇದರಲ್ಲಿ $v_{av}$ ಎಂಬುದು ಅಣುಗಳ ಸರಾಸರಿ ವೇಗ.

ಅನಿಲದ ಒತ್ತಡ $p$ ಎಂಬುದು ಬಲವನ್ನು ಗೋಳದ ಮೇಲ್ಮೈ ಕ್ಷೇತ್ರಫಲ

ವಾದ $4\pi R^2$ ಎಂಬುದರಿಂದ ಭಾಗಿಸಿದರೆ ಬರುವ ಭಾಗಲಬ್ಧಕ್ಕೆ ಸಮವಾಗಿರುವುದು. ಅಂದರೆ

$$p = \frac{Nmv^2_{av}}{4\pi R^2 R} = \frac{\frac{1}{3}Nmv^2_{av}}{\frac{4}{3}\pi R^3} = \frac{Nmv^2_{av}}{3V}$$

ಆಗುವುದು. ಇದರಲ್ಲಿ $V$ = ಗೋಲದ ಗಾತ್ರ ಪರಿಮಾಣ.

ಆದ್ದರಿಂದ

$$pV = \tfrac{1}{3}Nmv^2_{av}$$

ಎಂದಾಯ್ತು. ಈ ಸಮೀಕರಣವನ್ನು ಡ್ಯಾನಿಯಲ್ ಬರ್ನೌಲಿ ಎಂಬಾತನು 1738* ರಲ್ಲಿ ಮೊಟ್ಟಮೊದಲು ಸಾಧಿಸಿದನು.

ಒಂದು ಆದರ್ಶ ಅನಿಲದ ಸ್ಥಿತಿ ಸಮೀಕರಣದ ಪ್ರಕಾರ $pV$ = ನಿಯತಾಂಕ. $T$ ಎಂದಾಗುತ್ತದೆ; ಈಗ ತಾನೆ ನಾವು ಸಾಧಿಸಿರುವ ಸಮೀಕರಣದಂತೆ $pV$ ಎಂಬುದು $v^2_{av}$ ಗೆ ಪ್ರಮಾಣಾನುಗುಣವಾಗಿರುವುದು. ಆದ್ದರಿಂದ

$$T \propto v^2_{av} \text{ ಅಥವಾ } v_{av} \propto \sqrt{T}$$

ಅಂದರೆ, ಆದರ್ಶ ಅನಿಲದ ಒಂದು ಅಣುವಿನ ಸರಾಸರಿ ವೇಗವು ಪರಮ ಉಷ್ಣಾಂಶದ ವರ್ಗಮೂಲಕ್ಕೆ ಪ್ರಮಾಣಾನುಗುಣವಾಗಿರುವುದು.

## ಆವೊಗಾಡ್ರೋನ ನಿಯಮ

ಒಂದು ಪದಾರ್ಥವು ಬೇರೆ ಬೇರೆ ವಿಧದ ಅಣುಗಳ ಮಿಶ್ರಣವೆಂದು ಭಾವಿಸಿಕೊಳ್ಳಿ. ಅವುಗಳ ಉಷ್ಣಾಂಶಗಳು ಒಂದೇ ಆಗಿದ್ದರೆ, ಈ ಎಲ್ಲಾ ಅಣುಗಳಿಗೂ

---

* ಸ್ವಿಟ್ಜರ್ಲೆಂಡಿನಲ್ಲಿ ಹುಟ್ಟಿದ ಡಿ. ಬರ್ನೌಲಿಯು ರಷ್ಯಾದಲ್ಲಿ ನೆಲಸಿ ಕೆಲಸಮಾಡಿದನು; ಆತನು ಸೇಂಟ್ ಪೀಟರ್ಸ್‌ಬರ್ಗ್ ವಿಜ್ಞಾನ ಪರಿಷತ್ತಿನ ಸದಸ್ಯನಾಗಿದ್ದನು. ಜೊಹಾನ್ (ಜೀನ್) ಬರ್ನೌಲಿ ಮತ್ತು ಜೇಕಬ್ (ಜ್ಯಾಕ್ಸ್) ಬರ್ನೌಲಿ ಇವರುಗಳ ಕಾರ್ಯಕಲಾಪಗಳೂ ಇದಕ್ಕಿಂತ ಕಡಿಮೆ ಪ್ರಸಿದ್ಧವಾದುವೇನೂ ಅಲ್ಲ – ಮೂವರೂ ಸಹೋದರರು, ಒಂದೇ ಹೆಸರಿನವರು ಮಾತ್ರವಲ್ಲ.

ಜಲಜನಕ ಮತ್ತು ಆಮ್ಲಜನಕಗಳಿಗೆ ಎಂದು ಇಟ್ಟುಕೊಳ್ಳೋಣ – ಚಲನೆಯ ವೈಶಿಷ್ಟ್ಯದ ಗುರುತಾಗಿ ಒಂದೇ ಆದ ಭೌತಿಕ ಮೊತ್ತವು ಯಾವುದೂ ಇಲ್ಲವೇ ?

ಚಲನಶಾಸ್ತ್ರವು ಈ ಪ್ರಶ್ನೆಗೆ ಉತ್ತರ ನೀಡುತ್ತದೆ. ಎಲ್ಲಾ ಅಣುಗಳಿಗೂ ಸ್ಥಾನಾಂತರೀಯ ಚಲನೆಯ ಸರಾಸರಿ ಚಲನಶಕ್ತಿ $mv_{av}^2/2$ ಒಂದೇ ಆಗಿರುವುದು.

ಇದರ ಪರಿಣಾಮವಾಗಿ, ಒಂದು ನಿರ್ದಿಷ್ಟ ಉಷ್ಣಾಂಶದಲ್ಲಿ, ಆಣವಿಕ ವೇಗದ ವರ್ಗದ ಸರಾಸರಿ ಪರಿಮಾಣವು ಕಣಗಳ ದ್ರವ್ಯಾಂಶಕ್ಕೆ ಪ್ರತಿಲೋಮ ಸಂಬಂಧ ದಲ್ಲಿರುವುದು :

$$v_{av}^2 \propto \frac{1}{m}, \text{ ಅಥವಾ } v_{av} \propto \frac{1}{\sqrt{m}}$$

$pV=(1/3)Nmv_{av}^2$ ಸಮೀಕರಣಕ್ಕೆ ಹಿಂತಿರುಗೋಣ. ಒಂದು ನಿರ್ದಿಷ್ಟ ಉಷ್ಣಾಂಶದಲ್ಲಿ $mv_{av}^2$ ಪರಿಮಾಣಗಳು ಎಲ್ಲಾ ಅನಿಲಗಳಿಗೂ ಒಂದೇ ಆಗಿರುವುದರಿಂದ, ನಿರ್ದಿಷ್ಟ ಒತ್ತಡ $p$ ಮತ್ತು ಉಷ್ಣಾಂಶ $T$ ಇರುವಾಗ ಒಂದು ನಿರ್ದಿಷ್ಟ ಗಾತ್ರ $V$ ಯಲ್ಲಿರುವ ಅಣುಗಳ ಸಂಖ್ಯೆ $N$ ಎಂಬುದು ಎಲ್ಲಾ ಅನಿಲಗಳಿಗೂ ಒಂದೇ ಆಗಿರುವುದು. ಈ ಅಸಾಧಾರಣವಾದ ನಿಯಮವನ್ನು ಮೊಟ್ಟಮೊದಲಿಗೆ ಅಮೆಡಿಯೊ ಅವೊಗಾಡ್ರೊ (1776–1856) ಎಂಬಾತನು ರೂಪಿಸಿದನು.

ಆದರೆ 1(ಸೆಂ.ಮೀ)$^3$ ನಲ್ಲಿ ಎಷ್ಟು ಅಣುಗಳು ಇರುತ್ತವೆ ? 0 °C (ಉಷ್ಣಾಂಶ) ಮತ್ತು 760 ಮಿ.ಮೀ. Hg (ಒತ್ತಡ) ಸ್ಥಿತಿಯಲ್ಲಿ 1(ಸೆಂ.ಮೀ.)$^3$ ನಲ್ಲಿ $2.7 \times 10^{19}$ ಅಣುಗಳಿರುತ್ತವೆಯೆಂದು ತಿಳಿದುಬರುತ್ತದೆ. ಇದು ಒಂದು ಅಗಾಧವಾದ ಸಂಖ್ಯೆ. ಇದು ಎಷ್ಟು ಸಂಖ್ಯೆ ಎಂಬುದನ್ನು ಮನಗಾಣಿಸುವುದಕ್ಕಾಗಿ ಒಂದು ದೃಷ್ಟಾಂತವನ್ನು ಕೊಡೋಣ. ಅನಿಲವು 1(ಸೆಂ.ಮೀ)$^3$ ಪಾತ್ರೆ ಒಳಗಿನಿಂದ ಒಂದೊಂದು ಸೆಕೆಂಡಿಗೂ 10 ಲಕ್ಷ ಅಣುಗಳು ಹೊರಡುವಷ್ಟು ವೇಗದಲ್ಲಿ ಹರಿಯುತ್ತದೆ ಎಂದು ಇಟ್ಟುಕೊಳ್ಳೋಣ. ಪಾತ್ರೆಯಿಂದ ಅನಿಲವನ್ನು ಪೂರ್ತಿಯಾಗಿ ಖಾಲಿ ಮಾಡುವುದಕ್ಕೆ 10 ಲಕ್ಷ ವರ್ಷಗಳ ಕಾಲ ಹಿಡಿಯುವುದೆಂದು ಗಣನೆ ಮಾಡಿ ತಿಳಿದುಕೊಳ್ಳುವುದು ಕಷ್ಟವಲ್ಲ.

ಅವೊಗಾಡ್ರೊನ ನಿಯಮವು ತೋರಿಸಿಕೊಡುವುದೇನೆಂದರೆ, ಒಂದು ನಿರ್ದಿಷ್ಟ

ಒತ್ತಡ ಮತ್ತು ಉಷ್ಣಾಂಶವಿರುವಾಗ, ಅಣುಗಳ ಸಂಖ್ಯೆ ಮತ್ತು ಅವುಗಳನ್ನು ಒಳಗೊಂಡಿರುವ ಪ್ರದೇಶದ ಸಲೆ ಇವುಗಳ ಅನುಪಾತವು, $N/V$, ಎಲ್ಲಾ ಅನಿಲಗಳಿಗೂ ಒಂದೇ ಆದ ಪರಿಮಾಣ.

ಅನಿಲವ ಸಾಂದ್ರತೆ $\rho = Nm/V$ ಆಗಿರುವುದರಿಂದ, ಅನಿಲಗಳ ಸಾಂದ್ರತೆಗಳ ಅನುಪಾತವು ಅಣುಗಳ ದ್ರವ್ಯಾಂಶಗಳ ಅನುಪಾತಕ್ಕೆ ಸಮವಾಗಿರುವುದು :

$$\frac{\rho_1}{\rho_2} = \frac{m_1}{m_2}$$

ಇದರಿಂದಾಗಿ ಅಣುಗಳ ಸಾಪೇಕ್ಷಕ ದ್ರವ್ಯಾಂಶಗಳನ್ನು ಅನಿಲರೂಪದ ಪದಾರ್ಥಗಳನ್ನು ತೂಕ ಮಾಡುವುದರಿಂದಲೇ ಕಂಡುಹಿಡಿಯಬಹುದು. ಇಂತಹ ಅಳತೆಗಳು ರಸಾಯನ ವಿಜ್ಞಾನದ ಬೆಳವಣಿಗೆಯಲ್ಲಿ ಒಂದು ಕಾಲದಲ್ಲಿ ಪ್ರಮುಖ ಪಾತ್ರವನ್ನು ವಹಿಸಿದ್ದವು. ಅವೊಗಾಡ್ರೋನ ನಿಯಮದಿಂದ ಸ್ಪಷ್ಟಪಡುವ ಮತ್ತೊಂದು ವಿಷಯವೇನೆಂದರೆ, ಒಂದು ಆದರ್ಶ ಅನಿಲ ಸ್ಥಿತಿಯಲ್ಲಿರುವ ಯಾವುದೇ ಪದಾರ್ಥದ ಒಂದು ಮೋಲ್‌ಗೆ $pV = kN_A T$ ಎಂದಾಗುವುದು, ಇದರಲ್ಲಿ $k$ ಎಂಬುದು $1.38 \times 10^{-16}$ ಎರ್ಗ್/Kಗೆ ಸಮನಾಗಿರುವ ಒಂದು ಸಾರ್ವತ್ರಿಕ ನಿಯತಾಂಕ (ಇದಕ್ಕೆ ಪ್ರಸಿದ್ಧ ಜರ್ಮನ್ ಭೌತವಿಜ್ಞಾನಿ ಲುಡ್ವಿಗ್ ಬೋಲ್ಟ್ಸ್‌ಮ್ಯಾನ್ ಎಂಬಾತನ ಹೆಸರಿಡಲಾಗಿದೆ). $R = kN_A$ ಗುಣಲಬ್ಧಕ್ಕೆ ಸಾರ್ವತ್ರಿಕ ಅನಿಲ ನಿಯತಾಂಕ ಎಂದು ಹೆಸರು.

ಆದರ್ಶ ಅನಿಲ ನಿಯಮವನ್ನು ಅನೇಕ ವೇಳೆ ಹೀಗೆ ಬರೆಯಲಾಗುವುದು :

$$pV = \mu RT$$

ಇದರಲ್ಲಿ $\mu$ ಎಂಬುದು ಮೋಲ್‌ಗಳಲ್ಲಿ ಪದಾರ್ಥದ ಮೊತ್ತ. ಈ ಸಮೀಕರಣವು ವ್ಯವಹಾರದಲ್ಲಿ ವಿಶೇಷವಾಗಿ ಉಪಯೋಗಿಸಲ್ಪಡುತ್ತದೆ.

## ಆಣವಿಕ ವೇಗಗಳು

ಸಿದ್ಧಾಂತರೀತ್ಯಾ, ಉಷ್ಣಾಂಶವು ಅಪ್ರತ್ಯಸ್ತವಾಗಿರುವಾಗ, ಅಣುಗಳ ಸರಾಸರಿ ಚಲನ ಶಕ್ತಿ $mv^2_{av}/2$ ಒಂದೇ ಆಗಿರುವುದು. ಉಷ್ಣಾಂಶಕ್ಕೆ ನಾವು ಕೊಟ್ಟಿರುವ

ಲಕ್ಷಣ ನಿರ್ದೇಶದ ಪ್ರಕಾರ, ಒಂದು ಅನಿಲದ ಅಣುಗಳ ಸ್ಥಾನಾಂತರೀಯ ಚಲನೆಯ ಸರಾಸರಿ ಚಲನ ಶಕ್ತಿಯು ಪರಮ ಉಷ್ಣಾಂಶಕ್ಕೆ ಪ್ರಮಾಣಾನುಗುಣವಾಗಿರುವುದು.

ಆದರ್ಶ ಅನಿಲದ ಸಮೀಕರಣವನ್ನು ಬರ್ನೌಲಿಯ ಸಮೀಕರಣದೊಂದಿಗೆ ಸೇರಿಸಿದರೆ

$$\left(\frac{mv^2}{2}\right)_{av} = \frac{3}{2}kT$$

ಎಂದಾಗುತ್ತದೆ.

ಆದರ್ಶ ಅನಿಲ ಒಂದರಿಂದ ತುಂಬಿದ ಒಂದು ಶಾಖಮಾಪಕದಿಂದ ಮಾಡಿದ ಉಷ್ಣಾಂಶದ ಅಳತೆಗಳು ಈ ಅಳತೆಗೆ ಒಂದು ಅನುಪಮ ಸರಳತೆಯನ್ನು ನೀಡುವುವು. ಉಷ್ಣಾಂಶವು ಅಣುಗಳ ಸ್ಥಾನಾಂತರೀಯ ಚಲನೆಯ ಶಕ್ತಿಯ ಸರಾಸರಿ ಪರಿಮಾಣಕ್ಕೆ ಪ್ರಮಾಣಾನುಗುಣವಾಗಿರುವುದು. ನಾವು ಮೂರು-ಪರಿಮಾಣಗಳುಳ್ಳ ಪ್ರದೇಶದಲ್ಲಿ ವಾಸಿಸುತ್ತಿರುವುದರಿಂದ, ನಿರ್ದಿಷ್ಟ ಗೊತ್ತುಗುರಿಯಿಲ್ಲದೆ ಚಲಿಸುತ್ತಿರುವ ಒಂದು ಬಿಂದುವು ಮೂರು ಸ್ವತಂತ್ರ ಮಾತ್ರೆಗಳು (degrees of freedom) ಉಳ್ಳದ್ದಾಗಿದೆಯೆಂದು ಹೇಳಬಹುದು. ಆದ್ದರಿಂದ ಚಲಿಸುತ್ತಿರುವ ಕಣದ ಪ್ರತಿಯೊಂದು ಸ್ವತಂತ್ರ ಮಾತ್ರೆಗೂ $kT/2$ ಶಕ್ತಿ ಇರುತ್ತದೆ.

ಕೊಠಡಿಯ ಸಾಮಾನ್ಯ ಉಷ್ಣಾಂಶ ಬಟುವಾಗಿ 27 °C = 300 K ಎಂದು ಇಟ್ಟುಕೊಂಡು, ಇದರಲ್ಲಿ ಆಮ್ಲಜನಕದ ಅಣುವಿನ ಸರಾಸರಿ ವೇಗವನ್ನು ಕಂಡು ಹಿಡಿಯೋಣ. ಆಮ್ಲಜನಕದ ಆಣವಿಕ ದ್ರವ್ಯಾಂಶವು 32, ಆದ್ದರಿಂದ ಒಂದು ಅಣುವಿನ ದ್ರವ್ಯಾಂಶವು $32/(6 \times 10^{23})$ ಗ್ರಾಂ ಆಗುವುದು. ಸುಲಭ ಗಣನೆಯ ಫಲವಾಗಿ $v_{av} = 4.8 \times 10^4$ ಸೆಂ.ಮೀ/ಸೆ., ಅಂದರೆ ಸುಮಾರು 500 ಮೀ/ಸೆ ಎಂದು ತಿಳಿದು ಬರುವುದು. ಜಲಜನಕದ ಅಣುಗಳು ಇದಕ್ಕಿಂತ ಬಹು ಹೆಚ್ಚಿನ ವೇಗದಿಂದ ಚಲಿಸುವುವು. ಅವುಗಳ ದ್ರವ್ಯಾಂಶಗಳು 16 ಸಲಗಳಷ್ಟು ಕಡಿಮೆಯಾಗಿರುವುವು ಮತ್ತು ಅವುಗಳ ವೇಗಗಳು $\sqrt{16} = 4$ರಷ್ಟು ದೊಡ್ಡವು. ಅಂದರೆ ಕೊಠಡಿಯ ಉಷ್ಣಾಂಶದಲ್ಲಿ ಸುಮಾರು 2 ಕಿ.ಮೀ/ಸೆ. ಆಗುವುವು. ಒಂದು ಸೂಕ್ಷ್ಮದರ್ಶಕದಲ್ಲಿ ನೋಡಲಾಗುವಂತಹ ಒಂದು ಸಣ್ಣ ಕಣದ ತಾಪೀಯ ವೇಗವನ್ನು ಕಂಡುಹಿಡಿಯೋಣ.

ಒಂದು ಸಾಧಾರಣ ಸೂಕ್ಷ್ಮದರ್ಶಕದಲ್ಲಿ 1 μm ($10^{-4}$ ಸೆಂ.ಮೀ) ವ್ಯಾಸದ ಧೂಳಿನ ಕಣ ಒಂದನ್ನು ನೋಡಬಹುದು. ಇಂತಹ ಒಂದು ಕಣದ, ಅದರ ಸಾಂದ್ರತೆಯು 1ಕ್ಕೆ ಸಮೀಪವರ್ತಿಯಾಗಿರುವಲ್ಲಿ, ದ್ರವ್ಯಾಂಶವು ಸುಮಾರು $5 \times 10^{-13}$ ಗ್ರಾಂ ಆಗುತ್ತದೆ. ಅದರ ವೇಗವು ಸುಮಾರು 0.5 ಸೆಂ.ಮೀ/ಸೆ ಎಂದು ಗೊತ್ತಾಗುವುದು. ಇಂತಹ ಚಲನೆಯು ದೃಗ್ಗೋಚರವಾಗಿರುವುದೆಂಬುದು ಆಶ್ಚರ್ಯಕರವಲ್ಲ.

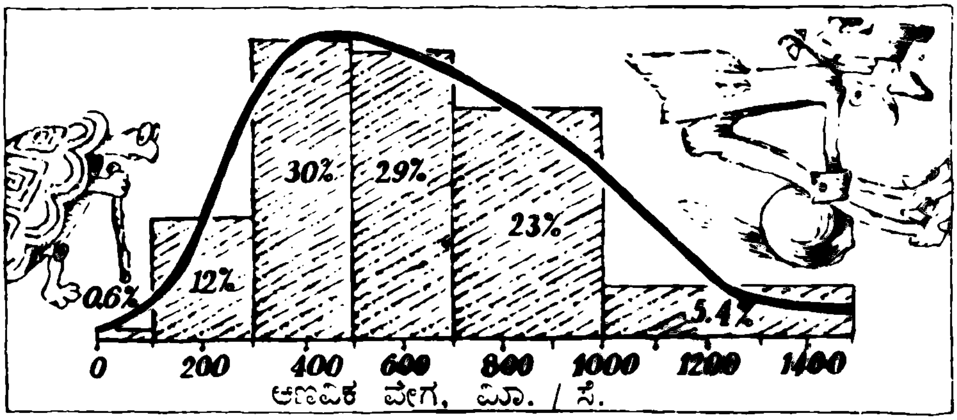
0.1 ಗ್ರಾಂ ದ್ರವ್ಯಾಂಶವಿರುವ ಒಂದು ಕಣದ ಬ್ರೌನಿಯನ್ ಚಲನೆಯ ವೇಗವು ಒಟ್ಟಿನಲ್ಲಿ $10^{-6}$ ಸೆಂ.ಮೀ/ಸೆ. ಮಾತ್ರ ಆಗಿರುವುದು. ಇಂತಹ ಕಣಗಳ ಬ್ರೌನಿಯನ್ ಚಲನೆಯನ್ನು ನೋಡಲಾರವೆಂಬುದು ಆಶ್ಚರ್ಯವೇನೂ ಅಲ್ಲ.

ನಾವು ಒಂದು ಅಣುವಿನ ಸರಾಸರಿ ವೇಗದ ವಿಚಾರವಾಗಿ ಮಾತಾಡಿದೆವು. ಆದರೆ ಎಲ್ಲಾ ಅಣುಗಳೂ ಒಂದೇ ವೇಗದಲ್ಲಿ ಚಲಿಸುವುದಿಲ್ಲ; ಅಣುಗಳಲ್ಲಿ ಕೆಲವು ಹೆಚ್ಚು ವೇಗದಿಂದಲೂ, ಮತ್ತೆ ಕೆಲವು ಕಡಿಮೆ ವೇಗದಿಂದಲೂ ಚಲಿಸುವುವು. ಇದೆಲ್ಲವನ್ನೂ ಗಣಿಸಿ ಕಂಡುಹಿಡಿಯಬಹುದೆಂದು ತಿಳಿದುಬರುತ್ತದೆ. ನಾವು ಫಲಿತಾಂಶಗಳನ್ನು ಮಾತ್ರ ಪ್ರದರ್ಶಿಸುತ್ತೇವೆ.

ಉದಾಹರಣೆಗೆ 15 °Cಗಳ ಉಷ್ಣಾಂಶದಲ್ಲಿ, ಸಾರಜನಕದ ಅಣುಗಳ ಸರಾಸರಿ ವೇಗವು 500 ಮೀ/ಸೆ. ಆಗಿರುವುದು; 59% ಅಷ್ಟು ಅಣುಗಳು 300 ಮತ್ತು 700 ಮೀ/ಸೆ. ಇವುಗಳ ನಡುವಿನ ವೇಗದಲ್ಲಿ ಚಲಿಸುವುವು. ಕೇವಲ 0.6% ಅಷ್ಟು ಅಣುಗಳು ಕಡಿಮೆ ವೇಗಗಳಲ್ಲಿ – 0 ರಿಂದ 100 ಮೀ/ಸೆ.ವರೆಗೆ – ಚಲಿಸುವುವು. 5.4% ಅಷ್ಟು ಅಣುಗಳು ಮಾತ್ರ 1000 ಮೀ/ಸೆ.ಗಿಂತ ಹೆಚ್ಚಿನ ವೇಗದಲ್ಲಿ ಚಲಿಸುವುವು (ಚಿತ್ರ 3.2).

ಪ್ರತಿಯೊಂದು ಸ್ತಂಭವನ್ನೂ ಅದರ ತಳವು ಅದಕ್ಕೆ ಸಂಬಂಧಿಸಿದ ವೇಗದ ಅಂತರವನ್ನು ವ್ಯಾಪಿಸುವಂತೆ ರಚಿಸಲಾಗಿದೆ ಮತ್ತು ಪ್ರತಿ ಸ್ತಂಭದ ಕ್ಷೇತ್ರಫಲವೂ ಈ ಅಂತರದಲ್ಲಿ ಸೇರುವ ವೇಗಗಳಿರುವ ಅಣುಗಳ ಪ್ರತಿ ಶತ ಪ್ರಮಾಣಕ್ಕೆ ಪ್ರಮಾಣಾನುಸಾರವಾಗಿರುತ್ತದೆ.

ಅಣುಗಳು ಅವುಗಳ ಸ್ಥಾನಾಂತರೀಯ ಚಲನೆಯ ಶಕ್ತಿಯನ್ನನುಸರಿಸಿ ಹೇಗೆ ಹಂಚಲ್ಪಟ್ಟಿವೆ ಎಂಬುವನ್ನೂ ಗಣಿಸಿ ಕಂಡುಹಿಡಿಯಬಹುದು.




**ಚಿತ್ರ 3.2**

ಶಕ್ತಿಯು ಸರಾಸರಿ ಮೌಲ್ಯಕ್ಕೆ ಎರಡರಷ್ಟಕ್ಕಿಂತ ಹೆಚ್ಚು ಶಕ್ತಿ ಇರುವ ಅಣುಗಳ ಸಂಖ್ಯೆಯು 10% ಗಿಂತ ಕಡಿಮೆ. ಇದಕ್ಕಿಂತ ಹೆಚ್ಚು "ಶಕ್ತಿಯುತ" ಅಣುಗಳ ಭಾಗವು ಶಕ್ತಿ ಹೆಚ್ಚಿದಂತೆಲ್ಲಾ ಅತಿ ತೀವ್ರವಾಗಿ ಕಡಿಮೆಯಾಗುತ್ತದೆ. ಹೇಗೆಂದರೆ, ಸರಾಸರಿಗಿಂತ ನಾಲ್ಕರಷ್ಟಕ್ಕಿಂತ ಹೆಚ್ಚು ಶಕ್ತಿಯುಳ್ಳ ಅಣುಗಳ ಸಂಖ್ಯೆಯು ಕೇವಲ 0.7%. ಸರಾಸರಿಯ ಎಂಟರಷ್ಟು ಆದರೆ $0.06 \times 10^{-4}$ %, ಸರಾಸರಿಯ 16 ರಷ್ಟು ಆದರೆ $2 \times 10^{-8}$ %.

11 ಕಿ.ಮೀ./ಸೆ. ವೇಗದೊಡನೆ ಚಲಿಸುತ್ತಿರುವ ಒಂದು ಆಮ್ಲಜನಕದ ಅಣುವಿನ ಶಕ್ತಿಯು $32 \times 10^{-12}$ ಎರ್ಗ್‌ಗೆ ಸಮ. ಕೊಠಡಿಯ ಉಷ್ಣಾಂಶದಲ್ಲಿ ಒಂದು ಅಣುವಿನ ಸರಾಸರಿ ಶಕ್ತಿಯು $6 \times 10^{-14}$ ಎರ್ಗ್‌ಗೆ ಮಾತ್ರ ಸಮವಾಗುತ್ತದೆ. ಆದ್ದರಿಂದ "11 ಕಿ.ಮೀ.ಗಳ ಒಂದು ಅಣುವಿನ" ಶಕ್ತಿಯು ಸರಾಸರಿ ವೇಗವುಳ್ಳ ಒಂದು ಅಣುವಿನ ಶಕ್ತಿಯ 500ರಷ್ಟಾದರೂ ಇರುತ್ತದೆ. 11 ಕಿ.ಮೀ./ಸೆ.ಗಿಂತ ಹೆಚ್ಚು ವೇಗದಲ್ಲಿ ಚಲಿಸುವ ಅಣುಗಳ ಭಿನ್ನಾಂಶವು ಊಹಿಸಲೂ ಸಾಧ್ಯವಾಗದಷ್ಟು ಸಣ್ಣ ಸಂಖ್ಯೆ–ಸುಮಾರು $10^{-300}$ಗೆ ಸಮ ಎಂಬುದು ಆಶ್ಚರ್ಯಕರವಾದುದೇನೂ ಅಲ್ಲ.

ಆದರೆ 11 ಕಿ.ಮೀ./ಸೆ. ಎಂಬ ವೇಗವು ನಮ್ಮನ್ನು ಏಕೆ ಕಾಡುತ್ತಿದೆ? ಮೊದಲನೆಯ ಪುಸ್ತಕದಲ್ಲಿ ಈ ವೇಗವುಳ್ಳ ಕಾಯಗಳು ಮಾತ್ರ ಭೂಮಿ

ಯನ್ನು ಬಿಟ್ಟು ಅಗಲಲು ಸಾಧ್ಯವೆಂಬ ವಿಷಯುವನ್ನು ಹೇಳಿದ್ದೇವೆ. ಆದ್ದರಿಂದ ಬಹು ಹೆಚ್ಚಿನ ಎತ್ತರವನ್ನು ಮುಟ್ಟಿದ ಅಣುಗಳು ಭೂಮಿಯೊಡನೆ ತಮ್ಮ ಸಂಬಂಧ ವನ್ನು ಕಡಿಮು ಬಹು ದೂರದ ಅಂತರಗ್ರಾಹಕ ಪ್ರವಾಸವನ್ನು ಪ್ರಾರಂಭಿಸಬಹುದು, ಆದರೆ ಇದಕ್ಕೆ 11 ಕಿ.ಮೀ/ಸೆ.ಗಳ ವೇಗವು ಇರುವುದು ಅವಶ್ಯಕ. ಇಂತಹ ಶೀಘ್ರಗಾಮಿ ಅಣುಗಳ ಸಂಖ್ಯಾಬಲವು, ನಾವು ಕಂಡಿರುವಂತೆ, ಎಷ್ಟು ಅಲ್ಪ ಪ್ರಮಾಣದ್ದೆಂದರೆ, ಭೂಮಿಯು ನೂರಾರು ಕೋಟಿ ವರ್ಷಗಳವರೆಗೂ ತನ್ನ ವಾಯುಮಂಡಲವನ್ನು ಕಳೆದುಕೊಳ್ಳುವ ಅಪಾಯ ಸಂಭವಿಸುವುದಿಲ್ಲ.

ವಾಯುಮಂಡಲವನ್ನು ಬಿಟ್ಟು ತಪ್ಪಿಸಿಕೊಂಡು ಹೋಗುವ ವೇಗವು ಅತಿ ಹೆಚ್ಚು ಪ್ರಮಾಣದಲ್ಲಿ ಗುರುತ್ವಾಕರ್ಷಣೆಯ ಶಕ್ತಿ $GMm/r$ನ್ನು ಅವಲಂಬಿಸಿರುತ್ತದೆ. ಒಂದು ಅಣುವಿನ ಸರಾಸರಿ ಚಲನ ಶಕ್ತಿಯು ಗುರುತ್ವಾಕರ್ಷಣೆಯ ಶಕ್ತಿಗಿಂತ ಬಹುಮಟ್ಟಿಗೆ ಕಡಿಮೆಯಾಗಿದ್ದರೆ, ಅಣುಗಳು ಭೂಮಿಯನ್ನು ಬಿಟ್ಟುಹೋಗುವುದು ವಾಸ್ತವಿಕವಾಗಿ ಅಸಾಧ್ಯವೇ. ಚಂದ್ರನ ಮೇಲ್ಮೈಯಲ್ಲಿ ಗುರುತ್ವಾಕರ್ಷಣೆಯ ಶಕ್ತಿಯು ಇದಕ್ಕಿಂತ 20ರಷ್ಟು ಕಡಿಮೆಯಾಗಿರುವುದು ಮತ್ತು ಒಂದು ಆಮ್ಲಜನಕದ ಅಣುವಿಗೆ $1.5 \times 10^{-12}$ ಎರ್ಗ್ "ಓಡಿಹೋಗುವ" ಶಕ್ತಿಯನ್ನು ನೀಡುತ್ತದೆ. ಈ ಪರಿಮಾಣವು ಒಂದು ಅಣುವಿನ ಸರಾಸರಿ ಚಲನ ಶಕ್ತಿಗಿಂತ ಕೇವಲ 20-25ರಷ್ಟು ಮಾತ್ರ ಹೆಚ್ಚು. ಚಂದ್ರನನ್ನು ಬಿಟ್ಟು ತಪ್ಪಿಸಿಕೊಳ್ಳಬಲ್ಲ ಅಣುಗಳ ಸಂಖ್ಯಾಬಲವು $10^{-17}$ಗೆ ಸಮವಾಗಿರುತ್ತದೆ. ಇದು ಆಗಲೇ $10^{-300}$ ಗಿಂತ ಹೆಚ್ಚು ಭಿನ್ನವಾಗಿದೆ, ಮತ್ತು ಗಣನೆಗಳು ತೋರಿಸಿಕೊಡುವುದೇನೆಂದರೆ ವಾಯುವು ಚಂದ್ರನನ್ನು ಬೇಗನೆ ಅಗಲಿ ಅಂತರಗ್ರಾಹಕ ಅವಕಾಶವನ್ನು ಸೇರುವುದು. ಇದರಿಂದಾಗಿ, ಚಂದ್ರನ ಮೇಲೆ ವಾಯುಮಂಡಲವಿಲ್ಲದಿರುವುದರಲ್ಲಿ ಆಶ್ಚರ್ಯವೇನೂ ಇಲ್ಲ.

## ತಾಪೀಯ ಪ್ರಸಾರ

ಒಂದು ಕಾಯುವನ್ನು ಕಾಯಿಸಿದರೆ, ಅದರ ಪರಮಾಣುಗಳ (ಅಣುಗಳ) ಚಲನೆಯು ಹೆಚ್ಚು ತೀವ್ರವಾಗುತ್ತದೆ. ಅವು ಒಂದನ್ನೊಂದು ತಳ್ಳಲು ಆರಂಭಿಸುವುವು ಮತ್ತು ಹೆಚ್ಚು ಪ್ರದೇಶವನ್ನು ಆಕ್ರಮಿಸುವುವು. ಇದರಿಂದ ಸಾಮಾನ್ಯವಾಗಿ

ಪರಿಚಿತವಾದ ಈ ಮುಂದಿನ ವಿಷಯಕ್ಕೆ ವಿವರಣೆಯನ್ನು ಕೊಡಬಹುದು : ಗಟ್ಟಿ ಪದಾರ್ಥಗಳು, ದ್ರವಗಳು ಮತ್ತು ಅನಿಲಗಳು ಕಾಯಿಸುವುದರಿಂದ ಪ್ರಸಾರ ಹೊಂದುವುವು.

ಅನಿಲಗಳ ತಾಪೀಯ ಪ್ರಸಾರದ ವಿಚಾರವಾಗಿ ನಾವು ಹೆಚ್ಚು ಹೇಳಬೇಕಾಗಿಲ್ಲ; ಅನಿಲದ ಉಷ್ಣಾಂಶವು ಅದರ ಗಾತ್ರಕ್ಕೆ ಪ್ರಮಾಣಾನುಗುಣವಾಗಿರುವುದನ್ನು ನಮ್ಮ ಉಷ್ಣಾಂಶದ ಮಾನಪಟ್ಟಿಗೆ ಆಧಾರವಾಗಿ ಇಟ್ಟುಕೊಂಡೆವು ತಾನೆ.

$V = V_0 T/273$ ಎಂಬ ಸೂತ್ರದಿಂದ ಗೊತ್ತಾಗುವುದೇನೆಂದರೆ : ಒತ್ತಡವು ಅವ್ಯತ್ಯಸ್ತವಾಗಿದ್ದರೆ, ಒಂದು ಅನಿಲದ ಗಾತ್ರವು ಉಷ್ಣಾಂಶದ ಪ್ರತಿ 1 °C ಹೆಚ್ಚು ವರಿಗೂ ಅದರ 0 °C ಉಷ್ಣಾಂಶದಲ್ಲಿನ ಪ್ರಮಾಣದ 1/273ರಷ್ಟು (ಅಂದರೆ 0.0037ರಷ್ಟು) ಹೆಚ್ಚುತ್ತದೆ (ಈ ಪರಿಸ್ಥಿತಿಯನ್ನು ಕೆಲವು ಸಂದರ್ಭಗಳಲ್ಲಿ ಗೇ-ಲುಸ್ಸಾಕ್‌ನ ನಿಯಮ ಎಂದು ಕರೆಯುವರು).

ಸಾಮಾನ್ಯ ಪರಿಸ್ಥಿತಿಗಳಲ್ಲಿ, ಅಂದರೆ ಕೊಠಡಿಯ ಉಷ್ಣಾಂಶ ಮತ್ತು ಪ್ರಮಾಣಭೂತ ವಾಯುಮಂಡಲದ ಒತ್ತಡ ಇದ್ದರೆ, ಅನೇಕ ದ್ರವಗಳು ಅನಿಲಗಳ ಮೂರರ ಒಂದು ಭಾಗ ಅಥವಾ ಅರ್ಧ ಭಾಗದಷ್ಟು ಪ್ರಸಾರ ಹೊಂದುವುವು.

ನಾವು ಈಗಾಗಲೆ ನೀರಿನ ಅಸಂಗತ ರೀತಿಯ ಪ್ರಸಾರವನ್ನು ಹಲವು ಸಲ ಪ್ರಸ್ತಾಪ ಮಾಡಿದ್ದೇವೆ. 0° ಇಂದ 4 °Cಗೆ ಕಾಯಿಸಿದಾಗ ನೀರಿನ ಗಾತ್ರವು ಕಡಿಮೆಯಾಗುತ್ತದೆ. ನೀರಿನ ಪ್ರಸಾರದ ಈ ಅಸಂಗತ ವರ್ತನೆಯು ಭೂಮಿಯ ಮೇಲಿನ ಸಸ್ಯ ಮತ್ತು ಪ್ರಾಣಿ ಜೀವನ ವ್ಯವಸ್ಥೆಯಲ್ಲಿ ಮಹತ್ವಾತ್ರವನ್ನು ಹೊಂದಿರು ವುದು. ಶರತ್ಕಾಲದಲ್ಲಿ, ನೀರಿನ ಮೇಲಿನ ಪದರಗಳು ತಣ್ಣಗಾದಂತೆಲ್ಲಾ ಹೆಚ್ಚು ಸಾಂದ್ರವಾಗಿ, ತಳಕ್ಕೆ ಮುಳುಗುವುವು. ಹೆಚ್ಚು ಕಾವಿವಾಗಿರುವ ನೀರು, ತಳ ದಿಂದ ಮೇಲಕ್ಕೆ ಏರಿ, ಅವುಗಳ ಸ್ಥಾನವನ್ನು ಆಕ್ರಮಿಸುತ್ತದೆ. ಆದರೆ ಈ ರೀತಿಯ ಮಿಶ್ರಣವು ನೀರಿನ ಉಷ್ಣಾಂಶವು 4 °Cಗೆ ಇಳಿಯುವವರೆಗೆ ಮಾತ್ರ ಏರ್ಪಡುವುದು. ಉಷ್ಣಾಂಶವು ಇನ್ನೂ ಕಡಿಮೆಯಾದರೆ, ಮೇಲ್ಗಡೆಯ ಪದರ ಗಳು ಸಂಕುಚಿತವಾಗುವುದಿಲ್ಲ, ಆದ್ದರಿಂದ ಅವುಗಳ ಭಾರ ಹೆಚ್ಚುವುದಿಲ್ಲ ಮತ್ತು ತಳಕ್ಕೆ ಮುಳುಗುವುದಿಲ್ಲ. ಈ ಉಷ್ಣಾಂಶದಿಂದ ಆರಂಭಿಸಿ, ಮೇಲ್ಗಡೆಯ ಪದರವು

ಕ್ರಮೇಣ ತಣ್ಣಗಾಗುತ್ತ ಹೋಗಿ, ಶೂನ್ಯ ಡಿಗ್ರಿಯನ್ನು ಸೇರುತ್ತದೆ ಮತ್ತು ಘನೀಭವಿಸುತ್ತದೆ.

ನೀರಿನ ಈ ಅಸಂಗತ ವರ್ತನೆಯಿಂದಾಗಿಯೇ ನದಿಗಳು ತಮ್ಮ ತಳದವರೆಗೂ ಘನೀಭವಿಸುವುದಿಲ್ಲ. ಹಠಾತ್ತಾಗಿ ನೀರು ಈ ವಿಶೇಷ ಗುಣವನ್ನು ಕಳೆದುಕೊಂಡರೆ ಇದರ ಪ್ರಮಾದಕರವಾದ ಪರಿಣಾಮಗಳನ್ನು ಕಲ್ಪನಾಸಾಮಾರ್ಥ್ಯವಿಲ್ಲದ ವ್ಯಕ್ತಿಯೂ ಕೂಡ ಸುಲಭವಾಗಿ ಚಿತ್ರಿಸಿಕೊಳ್ಳಬಹುದು.

ಘನ ಪದಾರ್ಥಗಳ ತಾಪೀಯ ಪ್ರಸಾರವು ದ್ರವಗಳಲ್ಲಿರುವುದಕ್ಕಿಂತ ಬಹು ಮಟ್ಟಿಗೆ ಕಡಿಮೆಯಾಗಿರುವುದು. ಅನಿಲಗಳ ಪ್ರಸಾರಕ್ಕಿಂತ ಅದು ನೂರಾರು ಮತ್ತು ಸಾವಿರಾರು ಸಲಗಳಷ್ಟು ಕಡಿಮೆಯಾಗಿರುವುದು.

ತಾಪೀಯ ಪ್ರಸಾರವು ಅನೇಕ ಸಂದರ್ಭಗಳಲ್ಲಿ ಕಿರುಕುಳದ ಅಡಚಣೆಯಾಗಿರುವುದು. ಹೇಗೆಂದರೆ, ಒಂದು ಗಡಿಯಾರದ ರಚನೆಯಲ್ಲಿನ ಚಲಿಸುವ ಭಾಗಗಳ ಅಳತೆ ಪ್ರಮಾಣಗಳು ಉಷ್ಣಾಂಶದ ಬದಲಾವಣೆಯೊಡನೆ ವ್ಯತ್ಯಾಸವಾದರೆ ಗಡಿಯಾರದ ವೇಗವು ಬದಲಾಗುವುದು. ಇನ್ವಾರ್ ("ಇನ್ವೇರಿಯೆಂಟ್" ಎಂದರೆ ವ್ಯತ್ಯಾಸವಾಗದೇ ಉಳಿಯುವುದು, ಇದರಿಂದಲೇ 'ಇನ್ವಾರ್' ಎಂಬ ಹೆಸರು) ಎಂಬ ವಿಶಿಷ್ಟ ಮಿಶ್ರಲೋಹವನ್ನು ಈ ಸೂಕ್ಷ್ಮವಾದ ಭಾಗಗಳಿಗೆ ಉಪಯೋಗಿಸದೆ ಇದ್ದರೆ ಹೀಗಾಗುವುದು. ನಿಕ್ಕಲ್ ಲೋಹವನ್ನು ಹೆಚ್ಚು ಪ್ರಮಾಣದಲ್ಲಿ ಒಳಗೊಂಡಿರುವ ಉಕ್ಕು "ಇನ್ವಾರ್", ಇದನ್ನು ಉಪಕರಣಗಳ ತಯಾರಿಕೆಯಲ್ಲಿ ವಿಶೇಷವಾಗಿ ಉಪಯೋಗಿಸುವರು. ಒಂದು ಇನ್ವಾರಿನ ದಂಡದ ಉಷ್ಣಾಂಶವು 1 °C ಹೆಚ್ಚಿದರೆ ಅದರ ಉದ್ದವು ಹತ್ತು ಲಕ್ಷದಲ್ಲಿ ಒಂದು ಭಾಗದಷ್ಟು ಮಾತ್ರ ಹೆಚ್ಚುತ್ತದೆ.

ಒಂದು ಗಟ್ಟಿ ಕಾಯದ ತಾಪೀಯ ಪ್ರಸಾರವು ಗಣನೆಗೆ ಬಾರದಷ್ಟು ಕಡಿಮೆ ಇರುವುದು ಅಪಾಯಕರವಾದ ಪರಿಣಾಮಗಳಿಗೆ ಕಾರಣವಾಗಬಹುದು. ಇದರ ಕಾರಣವೇನೆಂದರೆ, ಗಟ್ಟಿ ಪದಾರ್ಥಗಳ ಕಡಿಮೆ ಪ್ರಮಾಣದ ಸಂಕೋಚ್ಯತೆಯು ಅವುಗಳ ತಾಪೀಯ ಪ್ರಸಾರಕ್ಕೆ ಅಡ್ಡಿಮಾಡುವುದನ್ನು ಕಠಿಣಪಡಿಸುವುದು.

ಒಂದು ಉಕ್ಕಿನ ದಂಡವನ್ನು 1 °C ಯಷ್ಟು ಕಾಯಿಸಿದರೆ, ಅದು ಉದ್ದದಲ್ಲಿ

ಒಂದು ಲಕ್ಷದಲ್ಲಿ ಒಂದು ಭಾಗದಷ್ಟು ಮಾತ್ರ, ಅಂದರೆ ಅನ್ಯ ಸಹಾಯವಿಲ್ಲದ ಕಣ್ಣಿಗೆ ಕಾಣದೇ ಇರುವ ಪ್ರಮಾಣದಷ್ಟು, ಹೆಚ್ಚುತ್ತದೆ. ಆದಾಗ್ಯೂ ಈ ಪ್ರಸಾರವನ್ನು ತಪ್ಪಿಸಿ, ದಂಡವನ್ನು ಒಂದು ಲಕ್ಷದ ಒಂದು ಭಾಗದಷ್ಟು ಸಂಕುಚಿಸುವುದಕ್ಕೆ 1(ಸೆಂ.ಮೀ)$^2$ ಮೇಲೆ 20 ಕಿ.ಗ್ರಾಂ.ಬ.ದಷ್ಟು ಬಲವು ಬೇಕಾಗುತ್ತದೆ. ಮತ್ತು ಇದು 1 °C ಉಷ್ಣಾಂಶದ ಏರಿಕೆಯ ಪರಿಣಾಮವನ್ನು ನಿವಾರಿಸುವುದಕ್ಕೆ ಮಾತ್ರ ಬೇಕಾಗುವುದು.

ತಾಪೀಯ ಪ್ರಸಾರದಿಂದ ಉಂಟಾಗುವ ಬಲಗಳು, ಅವುಗಳನ್ನು ಗಮನಿಸದಿದ್ದರೆ ಒಡಕುಗಳು ಮತ್ತು ದುರಂತಗಳು ಸಂಭವಿಸುವುದಕ್ಕೆ ಕಾರಣವಾಗಬಹುದು. ಹೀಗಾಗಿ, ಈ ಬಲಗಳ ಕ್ರಿಯೆಗಳನ್ನು ತಪ್ಪಿಸುವುದಕ್ಕಾಗಿ, ಒಂದು ರೈಲುದಾರಿಯಲ್ಲಿನ ಕಂಬಿಗಳನ್ನು ತೆರಪು ಬಿಟ್ಟು ಜೋಡಿಸಿರುವರು. ಗಾಜಿನ ಸಾಮಾನುಗಳನ್ನು ಕೈಯಾಡುವಾಗ, ಅವುಗಳು ಏಕರೂಪವಲ್ಲದ ಕಾಯ್ಸುದಲ್ಲಿ ಒಡಕಾಗುವುದರಿಂದ. ಈ ಬಲಗಳನ್ನು ನೆನಪಿನಲ್ಲಿಟ್ಟಿರಬೇಕು. ಆದ್ದರಿಂದ ಪ್ರಯೋಗಶಾಲೆಗಳಲ್ಲಿ ಈ ನ್ಯೂನತೆ ಇಲ್ಲದ (ಕರಗಿಸಿದ ಬೆಣಚುಕಲ್ಲು, ಸಿಲಿಕಾನ್ ಡೈಯಾಕ್ಸೈಡ್, ಅಸ್ಫಟಿಕ ರೂಪದಲ್ಲಿ ಸಿಕ್ಕುತ್ತದೆ) ಕ್ವಾರ್ಟ್ಸ್ ಗಾಜಿನಿಂದ ಮಾಡಲ್ಪಟ್ಟ ಪಾತ್ರೆಗಳನ್ನು ಉಪಯೋಗಿಸುವುದು ವಾಡಿಕೆಯಾಗಿದೆ. ಒಂದೇ ಆದ ಉಷ್ಣಾಂಶದ ಏರಿಕೆಯಿಂದ, ಒಂದು ತಾಮ್ರದ ದಂಡವು ಒಂದು ಮಿಲ್ಲಿಮೀಟರಷ್ಟು ಉದ್ದವಾಗುವುದು. ಅದೇ ಅಳತೆಯ ಕ್ವಾರ್ಟ್ಸ್ ಗಾಜಿನ ದಂಡವಾದರೋ 30–40 μm ಅಷ್ಟು ಅಗೋಚರವಾದ ಪ್ರಮಾಣದಲ್ಲಿ ಉದ್ದವಾಗುವುದು. ಕ್ವಾರ್ಟ್ಸ್‌ನ ಪ್ರಸಾರವು ಎಷ್ಟು ಕಡಿಮೆ ಪ್ರಮಾಣದ್ದೆಂದರೆ, ಒಂದು ಕ್ವಾರ್ಟ್ಸ್ ಪಾತ್ರೆಯನ್ನು ನೂರಾರು ಡಿಗ್ರಿಗಳಷ್ಟು ಕಾಯಿಸಿ ನಿರ್ಭಯವಾಗಿ ನೀರಿನಲ್ಲಿ ಎಸೆಯಬಹುದು.

## ಉಷ್ಣಗ್ರಹಣ ಶಕ್ತಿ

ಒಂದು ಕಾಯದ ಆಂತರಿಕ ಶಕ್ತಿಯು ಅದರ ಉಷ್ಣಾಂಶವನ್ನು ಅವಲಂಬಿಸಿರುತ್ತದೆ. ಒಂದು ಕಾಯವನ್ನು ಹೆಚ್ಚು ಕಾಯಿಸಬೇಕಾದರೆ ಹೆಚ್ಚು ಶಕ್ತಿಯು

ದರೆ, ಅದಕ್ಕೆ

$$Q = C(T_2 - T_1)$$

ಅಷ್ಟು ಶಕ್ತಿಯನ್ನು ಉಷ್ಣರೂಪದಲ್ಲಿ ಕೊಡಬೇಕಾಗುವುದು. ಇಲ್ಲಿ $C$ ಎಂಬುದು ಅನುಪಾತಸಂಬಂಧದ ಅಪವರ್ತನ, ಇದಕ್ಕೆ ಕಾಯದ **ಉಷ್ಣಗ್ರಹಣ ಶಕ್ತಿ** ಎಂದು ಹೆಸರು. ಈ ಸೂತ್ರದಿಂದ ಉಷ್ಣಗ್ರಹಣ ಶಕ್ತಿ ಎಂಬ ಭಾವನ ನಿರ್ದೇಶವು ಸ್ಪಷ್ಟ ಪಡುವುದು : $C$ಯು ಉಷ್ಣಾಂಶವನ್ನು 1 °C ಅಷ್ಟು ಏರಿಸಲು ಬೇಕಾಗುವ ಉಷ್ಣದ ಮೊತ್ತ. ಉಷ್ಣಗ್ರಹಣ ಶಕ್ತಿಯು ಉಷ್ಣಾಂಶವನ್ನೂ ಅವಲಂಬಿಸಿರು ವುದು : 0 °C ಇಂದ 1 °Cಗೆ ಮತ್ತು 100 °C ಇಂದ 101 °Cಗೆ ಏರಿಸಲು ಬೇಕಾಗುವ ಉಷ್ಣಾಂಶದ ಮೊತ್ತಗಳು ಭಿನ್ನವಾಗಿರುತ್ತವೆ.

$C$ ಎಂಬ ಪರಿಮಾಣವನ್ನು ಸಾಮಾನ್ಯವಾಗಿ ದ್ರವ್ಯಾಂಶದ ಏಕಮಾನಕ್ಕೆ ಸಂಬಂಧಿಸಿ ನಿರೂಪಿಸಲಾಗುವುದು ಮತ್ತು ಅದನ್ನು **ಗ್ರಾಹ್ಯೋಷ್ಣ** ಎಂದು ಕರೆಯುತ್ತೇವೆ. ಆಗ ಅದನ್ನು ಸಣ್ಣ ಅಕ್ಷರ $c$ ಎಂಬುದರಿಂದ ಗುರುತಿಸಲಾಗುವುದು.

$m$ ದ್ರವ್ಯಾಂಶವುಳ್ಳ ಒಂದು ಕಾಯವನ್ನು ಕಾಯಿಸಲು ಬೇಕಾಗುವ ಉಷ್ಣದ ಮೊತ್ತವನ್ನು ಈ ಮುಂದಿನ ಸೂತ್ರವು ಕೊಡುವುದು :

$$Q = mc(T_2 - T_1)$$

ಇನ್ನುಮುಂದೆ ನಾವು ಗ್ರಾಹ್ಯೋಷ್ಣ ಭಾವನೆಯನ್ನೇ ಬಳಸಿಕೊಳ್ಳುತ್ತೇವೆ, ಆದರೆ ಸಂಕ್ಷಿಪ್ತತೆಯ ಸಲುವಾಗಿ ಒಂದು ಕಾಯದ ಉಷ್ಣಗ್ರಹಣ ಶಕ್ತಿಯನ್ನೇ ಹೇಳುತ್ತೇವೆ. ಇದಕ್ಕೆ ಮತ್ತೊಂದು ಮಾರ್ಗದರ್ಶಕವೆಂದರೆ ಪರಿಮಾಣದ ಘಾತ (ವಿಮ –dimension).

ಉಷ್ಣಗ್ರಹಣ ಶಕ್ತಿಯ ಮೌಲ್ಯವು ಹೆಚ್ಚು ಅಂತರದ ವ್ಯಾಪ್ತಿಯಲ್ಲಿ ವ್ಯತ್ಯಾಸ ವಾಗುತ್ತದೆ. ಆದರೆ ನೀರಿನ ಉಷ್ಣಗ್ರಹಣ ಶಕ್ತಿಯನ್ನು ಪ್ರತಿ ಡಿಗ್ರಿಗೆ ಬೇಕಾಗುವ ಕ್ಯಾಲೊರಿಗಳಲ್ಲಿ, 1ಕ್ಕೆ ಸಮ ಎಂದು ನಿರ್ದೇಶಿಸಲಾಗಿದೆ.

ಅನೇಕ ಕಾಯಗಳು ನೀರಿಗಿಂತ ಕಡಿಮೆ ಉಷ್ಣಗ್ರಹಣ ಶಕ್ತಿಯುಳ್ಳವು. ಬಹು ತೇಕ ತೈಲಗಳು, ಮದ್ಯಗಳು ಮತ್ತು ಇತರ ದ್ರವಗಳು 0.5 ಕ್ಯಾ/ಗ್ರಾಂ Kಗೆ

ಸಮೀಪದ ಉಷ್ಣಗ್ರಹಣ ಶಕ್ತಿಗಳನ್ನು ಹೊಂದಿರುತ್ತವೆ. ಕ್ವಾರ್ಟ್ಸ್, ಗಾಜು ಮತ್ತು ಮರಳು—ಇವುಗಳ ಉಷ್ಣಗ್ರಹಣ ಶಕ್ತಿಯು ಸುಮಾರು 0.2 ಕ್ಯಾ/ಗ್ರಾಂ K. ಕಬ್ಬಿಣ ಮತ್ತು ತಾಮ್ರ ಇವುಗಳ ಉಷ್ಣಗ್ರಹಣ ಶಕ್ತಿಯು ಸುಮಾರು 0.1 ಕ್ಯಾ/ಗ್ರಾಂ K. ಕೆಲವು ಅನಿಲಗಳ ಉಷ್ಣಗ್ರಹಣ ಶಕ್ತಿಗಳು ಹೀಗಿವೆ : ಜಲಜನಕ 3.4 ಕ್ಯಾ/ಗ್ರಾಂ K; ಗಾಳಿ 0.24 ಕ್ಯಾ/ಗ್ರಾಂ K.

ಉಷ್ಣಾಂಶವು ಇಳಿದಂತೆಲ್ಲಾ ಎಲ್ಲಾ ಕಾಯಗಳ ಉಷ್ಣಗ್ರಹಣ ಶಕ್ತಿಯೂ ಸಾಮಾನ್ಯವಾಗಿ ಕಡಿಮೆಯಾಗುತ್ತದೆ ಮತ್ತು ಪರಮ ಶೂನ್ಯಕ್ಕೆ ಸಮೀಪದ ಉಷ್ಣಾಂಶಗಳಲ್ಲಿ ಗಣನೀಯವಲ್ಲದ ಪ್ರಮಾಣದವುಗಳಾಗುತ್ತವೆ. ತಾಮ್ರದ ಉಷ್ಣ ಗ್ರಹಣ ಶಕ್ತಿಯು 20 Kಯಲ್ಲಿ ಕೇವಲ 0.0035ಗೆ ಸಮವಾಗುತ್ತದೆ. ಇದು ಕೊಠಡಿಯ ಉಷ್ಣಾಂಶದಲ್ಲಿರುವುದಕ್ಕಿಂತ ಇಪ್ಪತ್ತನಾಲ್ಕರಷ್ಟು ಕಡಿಮೆಯಾಗಿರುವುದು.

ಕಾಯಗಳಲ್ಲಿ ಶಾಖವು ಹೇಗೆ ಹಂಚಿಕೆಯಾಗಿರುವುದೆಂಬುದಕ್ಕೆ ಸಂಬಂಧಿಸಿದ ವಿವಿಧ ಸಮಸ್ಯೆಗಳನ್ನು ಬಿಡಿಸುವುದಕ್ಕೆ ಉಷ್ಣಗ್ರಹಣ ಶಕ್ತಿಗಳ ತಿಳಿವಳಿಕೆ ಸಹಾಯಕವಾಗುವುದು.

ಕಡಲ ತೀರದ ಮತ್ತು ಭೂಖಂಡದ ಹವಾಮಾನಗಳಿಗಿರುವ ವ್ಯತ್ಯಾಸವನ್ನು ನಿಷ್ಕರ್ಷಿಸುವ ಕಾರಣಗಳಲ್ಲಿ ನೀರು ಮತ್ತು ನೆಲ ಇವುಗಳ ಉಷ್ಣಗ್ರಹಣ ಶಕ್ತಿಗಳ ವ್ಯತ್ಯಾಸವೂ ಒಂದು. ನೀರು ನೆಲಕ್ಕಿಂತಲೂ ಸುಮಾರು ಐದು ಸಲದಷ್ಟು ಹೆಚ್ಚು ಉಷ್ಣಗ್ರಹಣ ಶಕ್ತಿಯುಳ್ಳದ್ದಾಗಿ, ನಿಧಾನವಾಗಿ ಬಿಸಿಯಾಗುತ್ತದೆ ಮತ್ತು ಅಷ್ಟೇ ನಿಧಾನವಾಗಿ ತಣ್ಣಗಾಗುವುದು.

ಕಡಲ ತೀರದ ಪ್ರದೇಶಗಳಲ್ಲಿ ಬೇಸಿಗೆ ಕಾಲದಲ್ಲಿ, ನೀರು ನೆಲಕ್ಕಿಂತ ಹೆಚ್ಚು ನಿಧಾನವಾಗಿ ಕಾದು, ಗಾಳಿಯನ್ನು ತಣ್ಣಗೆ ಮಾಡುತ್ತದೆ, ಆದರೆ ಚಳಿಗಾಲದಲ್ಲಿ ಸಮುದ್ರವು ಗಾಳಿಗೆ ಶಾಖವನ್ನು ಕೊಡುತ್ತಾ, ಮತ್ತು ಹಿಮದ ತೀವ್ರತೆಯನ್ನು ಕಡಿಮೆಮಾಡುತ್ತಾ, ನಿಧಾನವಾಗಿ ತಣ್ಣಗಾಗುತ್ತದೆ. 1(ಮೀ)$^3$ ಸಮುದ್ರದ ನೀರು. 1 °C ಅಷ್ಟು ತಣ್ಣಗಾಗುವುದರಿಂದ, 3000(ಮೀ)$^3$ ಗಾಳಿಯನ್ನು 1 °C ಅಷ್ಟು ಬಿಸಿಮಾಡುತ್ತದೆ ಎಂದು ಗಣಿಸಿ ತಿಳಿಯುವುದು ಕಷ್ಟವಲ್ಲ. ಆದ್ದರಿಂದ, ಕಡಲ ತೀರದ ಪ್ರದೇಶಗಳಲ್ಲಿ ಉಷ್ಣಾಂಶದ ಏರಿಳಿತಗಳೂ ಮತ್ತು ಚಳಿಗಾಲ ಮತ್ತು

ಕ್ಕಿಂತ ಕಡಿಮೆ ಸತ್ವವುಳ್ಳದ್ದಾಗಿರುತ್ತದೆ.

## ತಾಪ ವಾಹಕತ್ವ

ಪ್ರತಿಯೊಂದು ವಸ್ತುವೂ ಹೆಚ್ಚು ಬಿಸಿಯಾಗಿರುವ ಕಾಯದಿಂದ ಕಡಿಮೆ ಬಿಸಿಯಾಗಿರುವ ಕಾಯಕ್ಕೆ ಉಷ್ಣವು ಸಾಗಲು ಅನುಕೂಲವಾದ ಒಂದು "ಸೇತುವೆ"ಯಂತೆ ಉಪಯುಕ್ತವಾಗಬಲ್ಲುದು. ಉದಾಹರಣೆಗೆ, ಬಿಸಿ ಚಹ ಇರುವ ಒಂದು ಲೋಟದಲ್ಲಿಟ್ಟ ಚಹದ ಚಮಚವು ಇಂತಹ ಒಂದು ಸೇತುವೆ. ಲೋಹದಂಥ ವಸ್ತುಗಳು ಉಷ್ಣವನ್ನು ಚೆನ್ನಾಗಿ ಸಾಗಿಸುತ್ತವೆ. ಲೋಟದೊಳಗಿನ ಚಮಚದ ಮೇಲ್ಭಾಗವು ಒಂದು ಸೆಕೆಂಡಿನ ಅವಧಿಯಲ್ಲಿಯೇ ಬಿಸಿಯಾಗುತ್ತದೆ.

ಬಿಸಿಯಾಗಿರುವ ಒಂದು ಮಿಶ್ರಣವನ್ನು ತೊಳಸಬೇಕಾದರೆ, ತೊಳಸುವ ಸೌಟಿನ ಹಿಡಿಯನ್ನು ಮರದಿಂದಲೋ ಅಥವಾ ಪ್ಲಾಸ್ಟಿಕ್‌ನಿಂದಲೋ ಮಾಡಿರಬೇಕು. ಈ ಘನವಸ್ತುಗಳು ಲೋಹಗಳಿಗಿಂತ ಸಾವಿರಸಲಗಳಷ್ಟು ಕಡಿಮೆ ಪ್ರಮಾಣದಲ್ಲಿ ಉಷ್ಣವನ್ನು ಸಾಗಿಸುವುವು. ನಾವು "ಉಷ್ಣವನ್ನು ಸಾಗಿಸುತ್ತವೆ" ಎಂದು ಹೇಳಿದರೂ, "ಶೈತ್ಯವನ್ನು ಸಾಗಿಸುತ್ತವೆ" ಎಂದೇ ಹೇಳಬಹುದಾಗಿದ್ದಿತು. ಒಂದು ಕಾಯದ ಗುಣಗಳು ಉಷ್ಣ ಪ್ರವಾಹವು ಅದರ ಮೂಲಕ ಯಾವ ದಿಕ್ಕಿನಲ್ಲಿ ಸಾಗುತ್ತಿದೆ ಎಂಬುದನ್ನು ಅವಲಂಬಿಸಿರುವುದಿಲ್ಲ. ಮಂಜುಕಟ್ಟುವ ಹವಾಮಾನದಲ್ಲಿ ಹೊರಗಡೆ ಇರುವ ಲೋಹಗಳನ್ನು ಬರಿ ಕೈಯಲ್ಲಿ ಮುಟ್ಟದೆ ಜಾಗರೂಕರಾಗಿರುತ್ತೇವೆ, ಆದರೆ ಮರದ ಹಿಡಿಗಳನ್ನು ನಿರ್ಭಯವಾಗಿ ಹಿಡಿದುಕೊಳ್ಳುತ್ತೇವೆ.

ನಿಕೃಷ್ಟ ಉಷ್ಣ ವಾಹಕಗಳ ಪೈಕಿ, ಇವುಗಳನ್ನು ಉಷ್ಣ ನಿರೋಧಕಗಳೆಂದೂ ಕರೆಯುವರು. ಮರ, ಇಟ್ಟಿಗೆ, ಗಾಜು ಮತ್ತು ಪ್ಲಾಸ್ಟಿಕ್ ಇವುಗಳಿವೆ. ಮನೆಗಳ, ಒಲೆಗಳ ಮತ್ತು ಪ್ರಶೀತಯಂತ್ರಗಳ ಗೋಡೆಗಳು ಇಂತಹ ವಸ್ತುಗಳಿಂದ ಮಾಡಲ್ಪಟ್ಟಿವೆ.

ಉತ್ಕೃಷ್ಟ ವಾಹಕಗಳ ಪೈಕಿ ಎಲ್ಲಾ ಲೋಹಗಳೂ ಇವೆ. ಇವುಗಳಲ್ಲಿ ಅತ್ಯುತ್ತಮ ವಾಹಕಗಳು ತಾಮ್ರ ಮತ್ತು ಬೆಳ್ಳಿ–ಇವು ಕಬ್ಬಿಣಕ್ಕಿಂತ ಎರಡುಪಟ್ಟು ಚೆನ್ನಾಗಿ ಉಷ್ಣವನ್ನು ಸಾಗಕೊಡುತ್ತವೆ.

ಉಷ್ಣದ ಸಾಗಾಣಿಕೆಗೆ ಒದಗುವ "ಸೇತುವೆ"ಗಳು ಗಟ್ಟಿವಸ್ತುಗಳು ಮಾತ್ರವೇ ಅಲ್ಲ. ದ್ರವಗಳೂ ಉಷ್ಣವನ್ನು ಸಾಗಿಸುತ್ತವೆ, ಆದರೆ ಲೋಹಗಳಿಗಿಂತ ಬಹು ಮಟ್ಟಿನ ಕೀಳ್ಮಟ್ಟದಲ್ಲಿ. ಲೋಹಗಳ ತಾಪ ವಾಹಕತ್ವವು ಲೋಹಗಳಲ್ಲದ ಘನ ಮತ್ತು ದ್ರವ ಕಾಯಗಳ ವಾಹಕತ್ವಕ್ಕಿಂತಲೂ ನೂರಾರು ಸಲಗಳಷ್ಟು ಹೆಚ್ಚಾಗಿರುವುದು.

ನೀರಿನ ನಿಕೃಷ್ಟ ತಾಪ ವಾಹಕತ್ವವನ್ನು ತೋರಿಸಿಕೊಡಲು ಈ ಮುಂದಿನ ಪ್ರಯೋಗವನ್ನು ನಡೆಸಬಹುದು. ನೀರು ತುಂಬಿದ ಒಂದು ಪರೀಕ್ಷಾ ನಾಳಿಕೆಯ ತಳಕ್ಕೆ ಒಂದು ಮಂಜುಗಡ್ಡೆಯ ಚೂರನ್ನು ಸೇರಿಸಿ ಕಟ್ಟಲಾಗಿದೆ; ಪರೀಕ್ಷಾ ನಾಳಿಕೆಯ ಮೇಲ್ಭಾಗವನ್ನು ಒಂದು ಅನಿಲ ಜ್ವಾಲಕದ ಮೇಲೆ ಕಾಯಿಸಬೇಕು; ನೀರು ಕುದಿಯಲು ಪ್ರಾರಂಭಿಸುತ್ತದೆ, ಆದರೆ ಮಂಜುಗಡ್ಡೆಯು ಇನ್ನೂ ಕರಗುತ್ತಲೇ ಇಲ್ಲ. ಪರೀಕ್ಷಾ ನಾಳಿಕೆಯಲ್ಲಿ ನೀರಿಲ್ಲದಿದ್ದರೆ ಮತ್ತು ಅದನ್ನು ಲೋಹದಿಂದ ಮಾಡಿದ್ದರೆ, ಮಂಜುಗಡ್ಡೆಯ ಚೂರು ಕೂಡಲೇ ಕರಗುವುದಕ್ಕೆ ಆರಂಭಿಸುತ್ತಿತ್ತು. ನೀರು ತಾಮ್ರಕ್ಕಿಂತ ಸುಮಾರು ಇನ್ನೂರು ಸಲಗಳಷ್ಟು ಕೀಳ್ಮಟ್ಟದಲ್ಲಿ ಉಷ್ಣವನ್ನು ಸಾಗಿಸುತ್ತದೆ.

ಅನಿಲಗಳು ದ್ರವರೂಪಕ್ಕಿಳಿಸಿದ ಅಲೋಹಕ ಕಾಯಗಳಿಗಿಂತ ಹತ್ತಾರು ಸಲಗಳಷ್ಟು ಕೀಳ್ಮಟ್ಟದಲ್ಲಿ ಉಷ್ಣವನ್ನು ಸಾಗಿಸುತ್ತವೆ. ಗಾಳಿಯ ತಾಪ ವಾಹಕತ್ವವು ತಾಮ್ರದಕ್ಕಿಂತ ಇಪ್ಪತ್ತು ಸಾವಿರ ಸಲಗಳಷ್ಟು ಕಡಿಮೆಯಾಗಿರುತ್ತದೆ.

ಅನಿಲಗಳ ನಿಕೃಷ್ಟ ತಾಪ ವಾಹಕತ್ವದ ಫಲವಾಗಿ ನಾವು −78 °C ಉಷ್ಣಾಂಶದ ನೀರಸವಾದ ಮಂಜುಗಡ್ಡೆಯ ಒಂದು ಚೂರನ್ನು ನಮ್ಮ ಕೈಗಳಲ್ಲಿ ಹಿಡಿದುಕೊಳ್ಳಬಹುದು, ಮತ್ತು −196 °C ಉಷ್ಣಾಂಶದ ದ್ರವರೂಪದ ಸಾರಜನಕದ ಒಂದು ಹನಿಯನ್ನು ನಮ್ಮ ಅಂಗೈಯಲ್ಲಿ ಇಟ್ಟುಕೊಳ್ಳಬಹುದು. ಈ ತಣ್ಣನೆಯ ವಸ್ತುಗಳನ್ನು ನಮ್ಮ ಬೆರಳುಗಳಿಂದ ಹಿಂಡದೆ ಇದ್ದರೆ ಏನೂ "ಉರಿ" ತೋರುವುದಿಲ್ಲ. ಇದರ ಕಾರಣವು ಏನೆಂದರೆ ದ್ರವದ ಹನಿ ಅಥವಾ ಗಟ್ಟಿವಸ್ತುವಿನ ತುಂಡು ಬಹಳ ತೀವ್ರವಾಗಿ ಕುದಿಯುತ್ತಿರುವಾಗ, ಅದು ಒಂದು "ಆವಿಯ ಕವಚ"ದಿಂದ ಮುಚ್ಚಲ್ಪಟ್ಟಿರುತ್ತದೆ. ಮತ್ತು ಹೀಗೆ ಏರ್ಪಟ್ಟ ಅನಿಲದ ಪದರವು ಒಂದು ಉಷ್ಣನಿರೋಧಕವಾಗಿ ಪರಿಣಮಿಸುವುದು.

ನೀರು ಒಂದು ಬಹಳ ಬಿಸಿಯಾದ ಬಾಣಲಿಯಲ್ಲಿ ಬಿದ್ದಾಗ ಹನಿಗಳು ಆವಿಯಿಂದ ಮುಚ್ಚಲ್ಪಟ್ಟಿರುವ ಸ್ಥಿತಿಯೆಂದು ಕರೆಯಲ್ಪಡುವ ದ್ರವದ ಗೋಳಿ ಸ್ಥಿತಿಯು ಉಂಟಾಗುವುದು. ಕುದಿಯುವ ನೀರಿನ ಮತ್ತು ಒಂದು ಮನುಷ್ಯಶರೀರದ ಉಷ್ಣಾಂಶಗಳ ವ್ಯತ್ಯಾಸವು ಒಂದು ಕೈ ಮತ್ತು ದ್ರವರೂಪದ ಗಾಳಿ ಇವುಗಳ ಉಷ್ಣಾಂಶಗಳ ವ್ಯತ್ಯಾಸಕ್ಕಿಂತ ಕಡಿಮೆಯಾಗಿದ್ದರೂ, ಕುದಿಯುವ ನೀರಿನ ಹನಿಗಳು ಅಂಗೈ ಮೇಲೆ ಬಿದ್ದಾಗ ಕೈಯನ್ನು ತೀಕ್ಷ್ಣವಾಗಿ ಸುಡುತ್ತವೆ. ಕೈಯು ಕುದಿಯುವ ನೀರಿನ ಹನಿಗಳಿಗಿಂತ ತಣ್ಣಗಿರುವುದರಿಂದ, ಉಷ್ಣವು ಹನಿಗಳನ್ನು ಬಿಡುತ್ತದೆ, ಕುದಿಯುವುದು ನಿಂತುಹೋಗುವುದು ಮತ್ತು ಆವಿಯ ಪದರವು ಏರ್ಪಡುವುದಿಲ್ಲ.

ಶೂನ್ಯತೆ ಎಲ್ಲಕ್ಕಿಂತ ಅತ್ಯುತ್ಕೃಷ್ಟ ಉಷ್ಣ ನಿರೋಧಕವೆಂಬುದನ್ನು ಮನಗಾಣುವುದು ಕಷ್ಟವಲ್ಲ. ಶೂನ್ಯತೆಯಲ್ಲಿ ತಾಪ ವಾಹಕಗಳು ಯಾವುದೂ ಇಲ್ಲ, ಆದ್ದರಿಂದ ತಾಪ ವಾಹಕತ್ವವು ಅತ್ಯಂತ ಕನಿಷ್ಠ ಪ್ರಮಾಣದ್ದಾಗಿರುವುದು.

ಆದ್ದರಿಂದ ತಾಪ ರಕ್ಷಾಕವಚ ಒಂದನ್ನು ರಚಿಸಬೇಕಾದರೆ, ಅಂದರೆ ಬಿಸಿಯಾಗಿರುವ ಯಾವುದಾದರೂ ಒಂದು ವಸ್ತುವನ್ನು ತಣ್ಣಗಾಗುವುದಕ್ಕೆ ಬಿಡದೆ ಬಚ್ಚಿಡುವುದಾಗಲಿ, ಅಥವಾ ಇದಕ್ಕೆ ವಿಪರ್ಯವಾದುದನ್ನಾಗಲಿ ಮಾಡಲು ಅತ್ಯುತ್ತಮ ಕಾರ್ಯವೆಂದರೆ, ಎರಡು ಗೋಡೆಗಳುಳ್ಳ ಒಂದು ಆವರಣವನ್ನು ಏರ್ಪಡಿಸಿ, ಅವುಗಳ ಮಧ್ಯದಲ್ಲಿರುವ ಗಾಳಿಯನ್ನು ಪಂಪಿನಿಂದ ಹೊರಕ್ಕೆ ತೆಗೆಯುವುದು. ಹೀಗೆ ಮಾಡುವಾಗ ಒಂದು ವಿಚಿತ್ರ ಘಟನೆಯನ್ನು ಕಾಣುತ್ತೇವೆ. ಅನಿಲವನ್ನು ವಿರಳಮಾಡುತ್ತ ಹೋಗುವಾಗ ಅದರ ತಾಪ ವಾಹಕತ್ವದಲ್ಲಿ ಉಂಟಾಗುವ ವ್ಯತ್ಯಾಸಗಳನ್ನು ಗಮನಿಸುತ್ತ ಹೋದರೆ, ಒತ್ತಡವು ಪಾದರಸ ಸ್ತಂಭದ ಹಲವು ಮಿಲಿಮೀಟರುಗಳಷ್ಟಕ್ಕೆ ಇಳಿಯುವವರೆಗೂ, ತಾಪ ವಾಹಕತ್ವವು ಹೆಚ್ಚು ಕಡಿಮೆ ಅವ್ಯತ್ಯಸ್ತವಾಗಿಯೇ ಇರುತ್ತದೆ. ಇದಕ್ಕಿಂತ ಹೆಚ್ಚಿನಮಟ್ಟದ ನಿರ್ವಾತ ಪ್ರದೇಶವೇರ್ಪಟ್ಟಾಗ ಮಾತ್ರ, ತಾಪ ವಾಹಕತ್ವವು ತೀವ್ರವಾಗಿ ಕಡಿಮೆಯಾಗಿ ನಮ್ಮ ಪರೀಕ್ಷಣೆಯು ಸಫಲವಾಗುತ್ತದೆ.

ಆದರೆ ಹೀಗಾಗುವುದಕ್ಕೆ ಏನು ಕಾರಣ ?

ಈ ಸಂಗತಿಯನ್ನು ಅರ್ಥಮಾಡಿಕೊಳ್ಳಲು, ನಾವು ಒಂದು ಅನಿಲದ ಮೂಲಕ ಉಷ್ಣವು ಸಾಗುವ ವಿಧಾನವನ್ನು ಚಿತ್ರಿಸಿಕೊಳ್ಳಲು ಪ್ರಯತ್ನಿಸಬೇಕು.

ಒಂದು ಉಷ್ಣ ಪ್ರದೇಶದಿಂದ ಶೀತ ಪ್ರದೇಶಕ್ಕೆ ಉಷ್ಣದ ಸಾಗಾಣಿಕೆಯು ಒಂದು ಅಣುವಿನಿಂದ ಅಕ್ಕಪಕ್ಕದ ಅಣುಗಳಿಗೆ ಶಕ್ತಿಯ ವಿನಿಮಯದ ಮೂಲಕ ಏರ್ಪಡುವುದು. ಶೀಘ್ರಗತಿಯ ಮತ್ತು ಮಂದಗತಿಯ ಅಣುಗಳ ಘರ್ಷಣೆಗಳು, ಸಾಮಾನ್ಯವಾಗಿ ಮಂದಗತಿಯ ಅಣುಗಳ ವೇಗೋತ್ಕರ್ಷ ಮತ್ತು ಶೀಘ್ರಗತಿಯ ಅಣುಗಳ ವೇಗಮಾಂದ್ಯಗಳಿಗೆ ಕಾರಣವಾಗುವುವು ಎಂಬುದು ಸ್ಪಷ್ಟ. ಇದರಿಂದಾಗಿ ಉಷ್ಣ ಪ್ರದೇಶವು ಶೀತವಾಗುತ್ತದೆ ಮತ್ತು ಶೀತ ಪ್ರದೇಶವು ಬಿಸಿಯಾಗುತ್ತದೆ.

ಹಾಗಾದರೆ ಒತ್ತಡವನ್ನು ಕಡಿಮೆಮಾಡುವುದರಿಂದ ಉಷ್ಣದ ಸಾಗಾಣಿಕೆಯ ಮೇಲೆ ಏನು ಪರಿಣಾಮವಾಗುತ್ತದೆ ? ಒತ್ತಡವನ್ನು ಕಡಿಮೆಮಾಡುವುದರಿಂದ ಸಾಂದ್ರತೆಯು ಕಡಿಮೆಯಾಗುವುದು, ಶೀಘ್ರಗಾಮಿ ಮತ್ತು ಮಂದಗಾಮಿ ಅಣುಗಳ ನಡುವೆ ಶಕ್ತಿಯ ವಹನವೇರ್ಪಡುವ ಘರ್ಷಣೆಗಳ ಸಂಖ್ಯೆಯೂ ಕಡಿಮೆಯಾಗುವುದು. ಇದರಿಂದ ತಾಪ ವಾಹಕತ್ವವೂ ಕಡಿಮೆಯಾಗುವುದು. ಆದರೆ ಇದಕ್ಕೆ ಪ್ರತಿಯಾಗಿ ಒತ್ತಡದ ಇಳಿತದ ಕಾರಣದಿಂದ ಅಣುಗಳ ಸರಾಸರಿ ಸ್ವತಂತ್ರ ಚಲನೆಯ ಪಥವು ಹೆಚ್ಚಾಗಿ, ಅಣುಗಳು ಹೆಚ್ಚು ದೂರಗಳಿಗೆ ಉಷ್ಣವನ್ನು ಸಾಗಿಸುತ್ತವೆ ಮತ್ತು ಇದು ತಾಪ ವಾಹಕತ್ವವನ್ನು ವೃದ್ಧಿಪಡಿಸುವ ಪರಿಣಾಮವುಳ್ಳದ್ದಾಗಿರುತ್ತದೆ. ಈ ಎರಡು ವಿಧದ ಪರಿಣಾಮಗಳು ಒಂದನ್ನೊಂದು ಸರಿದೂಗಿಸುತ್ತವೆಯೆಂದು ಗಣನೆಗಳು ತೋರಿಸುತ್ತವೆ. ಆದರಿಂದಾಗಿ ಗಾಳಿಯನ್ನು ಹೊರಕ್ಕೆ ಪಂಪ್ ಮಾಡುತ್ತ ಹೋದಾಗ ಸ್ವಲ್ಪ ಕಾಲದವರೆಗೂ ಉಷ್ಣವಾಹಕ ಶಕ್ತಿಯಲ್ಲಿ ಏನೂ ಬದಲಾವಣೆ ಆಗುವುದಿಲ್ಲ.

ಸರಾಸರಿ ಸ್ವತಂತ್ರ ಚಲನೆಯ ಪಥವು ಪಾತ್ರೆಯ ಗೋಡೆಗಳ ನಡುವಿನ ದೂರಕ್ಕೆ ಹೋಲುವ ಪ್ರಮಾಣದ್ದಾಗುವಷ್ಟರ ಮಟ್ಟಿನ ನಿರ್ವಾತವೇರ್ಪಡುವವರೆಗೂ ಇದೇ ಪರಿಸ್ಥಿತಿ ಇರುವುದು. ಇದಕ್ಕಿಂತ ಹೆಚ್ಚು ಒತ್ತಡದ ಇಳಿತವು ಅಣುಗಳ ಸ್ವತಂತ್ರ ಚಲನೆಯ ಪಥವನ್ನು ಹೆಚ್ಚೇನೂ ಬದಲಾಯಿಸಲಾರದು. ಆಗ ಅಣುಗಳು ಗೋಡೆಯಿಂದ ಗೋಡೆಗೆ "ಕುಪ್ಪಳಿಸುತ್ತಿರುತ್ತವೆ" : ಸಾಂದ್ರತೆಯು

ಇಳಿತವು ಭರ್ತಿ ಆಗುವುದಿಲ್ಲ ಮತ್ತು ಆಗ ಒತ್ತಡವು ಇಳಿದಷ್ಟೂ ತಾಪ ವಾಹಕತ್ವವು ತೀವ್ರವಾಗಿ ಕಡಿಮೆಯಾಗುತ್ತ ಹೋಗಿ, ಹೆಚ್ಚುಮಟ್ಟದ ನಿರ್ವಾತವೇರ್ಪಟ್ಟಾಗ ಅದರ ಪ್ರಮಾಣವು ಲಕ್ಷ್ಯಕ್ಕೆ ಬರದಷ್ಟು ಮಟ್ಟಕ್ಕೆ ಇಳಿಯುತ್ತದೆ. ಒಂದು ನಿರ್ವಾತ ಸೀಸೆಯ ರಚನೆಯು ನಿರ್ವಾತದ ಗುಣಗಳ ಉಪಯೋಗವನ್ನು ಅವಲಂಬಿಸಿದೆ. ನಿರ್ವಾತ ಸೀಸೆಗಳು ಬಹು ವ್ಯಾಪಕವಾದವು : ಅವುಗಳನ್ನು ಬಿಸಿ ಮತ್ತು ತಣ್ಣನೆಯ ಆಹಾರದ ರಕ್ಷಣೆಗಾಗಿಯೇ ಅಲ್ಲದೆ ವಿಜ್ಞಾನ ಮತ್ತು ತಾಂತ್ರಿಕ ವಿಜ್ಞಾನದಲ್ಲಿ ವಿಶೇಷ ವಾಗಿ ಉಪಯೋಗಿಸುವರು. ಈ ಉಪಯೋಗಗಳಲ್ಲಿ ಅದನ್ನು ಡಿವಾರ್ ಪಾತ್ರೆ ಗಳು ಎಂದು ಅವುಗಳ ನಿರ್ಮಾತೃವಿನ ಗೌರವಾರ್ಥವಾಗಿ ಕರೆಯುವರು. ದ್ರವ ರೂಪದ ಗಾಳಿ, ಸಾರಜನಕ ಮತ್ತು ಆಮ್ಲಜನಕ ಇವುಗಳನ್ನು ಇಂತಹ ಪಾತ್ರೆಗಳಲ್ಲಿ ಸಾಗಿಸುವರು. ಈ ಅನಿಲಗಳನ್ನು ದ್ರವರೂಪದಲ್ಲಿ ಹೇಗೆ ಹೊಂದಬಹುದು ಎಂಬು ದನ್ನು ಆಮೇಲೆ ತಿಳಿಸುತ್ತೇವೆ.*

## ಪ್ರಚಲನ

ನೀರು ಇಷ್ಟು ನಿಕೃಷ್ಟ ಉಷ್ಣ ವಾಹಕವಾಗಿದ್ದರೆ, ಒಂದು ಚಹದ ಕೆಟಲಿನಲ್ಲಿ ಅದು ಹೇಗೆ ಬಿಸಿಯಾಗುತ್ತದೆ. ಗಾಳಿಯು ಇದಕ್ಕಿಂತ ಇನ್ನೂ ಕೀಳ್ಮಟ್ಟದ ಉಷ್ಣ ವಾಹಕ; ಹಾಗಾದರೆ ಒಂದು ಕೊಠಡಿಯ ಎಲ್ಲಾ ಭಾಗಗಳಲ್ಲೂ ಒಂದೇ ಉಷ್ಣಾಂಶವು ಹೇಗೆ ಏರ್ಪಡುವುದು ಎಂಬುದು ಅರ್ಥವಾಗುವುದಿಲ್ಲ.

---

* ನಿರ್ವಾತ ಸೀಸೆಗಳ ಉರುಳೆಗಳನ್ನು ನೋಡಿರುವ ಪ್ರತಿ ಒಬ್ಬರೂ ಅವುಗಳ ಗೋಡೆಗಳಿಗೆ ಯಾವಾಗಲೂ ಬೆಳ್ಳಿ ಹಚ್ಚಿರುವುದನ್ನು ಗಮನಿಸಿರಬೇಕು. ಏಕೆ ? ವಿಷಯವೇನೆಂದರೆ, ಉಷ್ಣದ ಸಾಗಾಣಿಕೆಗೆ ತಾಪ ವಾಹಕತ್ವವೊಂದೇ ಸಾಧನವಲ್ಲ. ಸರಾಸರಿ ಉಷ್ಣ ಸಾಗಾಣಿಕೆಗೆ, ನಾವು ಬೇರೊಂದು ಪುಸ್ತಕದಲ್ಲಿ ಹೇಳಲಿರುವ, ವಿಕಿರಣ ಎಂಬ ಮತ್ತೊಂದು ಮಾರ್ಗವಿದೆ. ಸಾಮಾನ್ಯ ಪರಿಸ್ಥಿತಿಗಳಲ್ಲಿ ಇದು ತಾಪ ವಾಹಕತ್ವಕ್ಕಿಂತ ಬಹಳ ನಿತ್ರಾಣವಾದುದಾದರೂ ಗಮನಕ್ಕೆ ತಂದುಕೊಳ್ಳಬೇಕಾದ್ದೇ. ನಿರ್ವಾತ ಸೀಸೆಗಳ ಗೋಡೆಗಳಿಗೆ ಬೆಳ್ಳಿ ಹಚ್ಚುವುದು ಈ ವಿಕಿರಣ ವನ್ನು ಪ್ರತಿರೋಧಿಸುವುದಕ್ಕಾಗಿಯೇ.

ಒಂದು ಚಹದ ಕೆಟಲಿನಲ್ಲಿನ ನೀರು ಗುರುತ್ವದ ಕಾರಣದಿಂದ ಬೇಗ ಕುದಿಯುತ್ತದೆ. ನೀರಿನ ತಳಭಾಗದ ಪದರಗಳು ಬಿಸಿಯಾಗಿ, ವಿಸ್ತರಪಟ್ಟು ಹಗುರವಾಗುತ್ತವೆ ಮತ್ತು ಮೇಲಕ್ಕೆ ಏರುತ್ತವೆ, ತಣ್ಣಗಿರುವ ನೀರು ಅವುಗಳ ಸ್ಥಾನಕ್ಕೆ ಬರುತ್ತದೆ. ಬೇಗನೆ ಬಿಸಿಯಾಗುವುದು **ಪ್ರಚಲನ** ಅಥವಾ ಸಂವಹನ ಕಾರಣದಿಂದಲೇ (ಈ ಪದವು ಲ್ಯಾಟಿನ್ ಭಾಷೆಯ convectus 'ಒಟ್ಟುಗೂಡುವ ಹಾಗೆ ಮಾಡುವುದು' ಎಂಬ ಪದದಿಂದ ಬಂದಿದೆ). ಒಂದು ಅಂತರಗ್ರಾಹಕ ಆಕಾಶಬಾಣದಲ್ಲಿರುವ ಚಹ ಕೆಟಲಿನಲ್ಲಿ ನೀರನ್ನು ಬಿಸಿಮಾಡುವುದು ಅಷ್ಟು ಸುಲಭವಲ್ಲ.

ನದಿಗಳು ತಳದವರೆಗೂ ಏಕೆ ಮಂಜುಗಡ್ಡೆಯಾಗುವುದಿಲ್ಲ ಎಂದು ಸ್ವಲ್ಪ ಹಿಂದೆ ಹೇಳುವಾಗ, ನಾವು ನೀರಿನ ಸಂವಹನ ಪ್ರವಾಹಗಳ ಇನ್ನೊಂದು ದೃಷ್ಟಾಂತದ ವಿಚಾರವಾಗಿ ಈ ಪದವನ್ನು ಉಪಯೋಗಿಸದೆಯೇ ಮಾತನಾಡಿದೆವು. ಕೇಂದ್ರ ತಪನದ ಶಾಖಪ್ರಸಾರಕಗಳನ್ನು ಏಕೆ ನೆಲಮಟ್ಟದಲ್ಲಿ ಇಡುವರು ? ವಾಯು ಸಂಚಾರಕ ಕಿಟಕಿಯನ್ನು ಕಿಟಕಿಯ ಮೇಲ್ಭಾಗದಲ್ಲಿ ಏಕೆ ಮಾಡುವರು ? ವಾಯು ಸಂಚಾರಕ ಕಿಟಕಿಯು ಇನ್ನೂ ಕೆಳಗಡೆ ಇದ್ದರೆ ಅದನ್ನು ತೆಗೆಯುವುದಕ್ಕೆ ಹೆಚ್ಚು ಅನುಕೂಲವಾಗಿರುವುದು ಮತ್ತು ಶಾಖಪ್ರಸಾರಕಗಳನ್ನು ಅವುಗಳು ಕೈಕಾಲುಗಳಿಗೆ ಸಿಕ್ಕದಂತೆ ಮೇಲ್ಛಾವಣಿಯ ಕೆಳಗೆ ಇಡುವುದು ಒಳ್ಳೆಯ ಆಲೋಚನೆ. ಈ ವಿಧದ ಬುದ್ಧಿವಾದಗಳನ್ನು ನಾವು ಅನುಸರಿಸಿದರೆ, ಕೊಠಡಿಯು ಶಾಖಪ್ರಸಾರಕಗಳಿಂದ ಶಾಖ ಹೊಂದುತ್ತಿಲ್ಲವೆಂದೂ ಮತ್ತು ವಾಯು ಸಂಚಾರದಕಿಟಕಿಯು ತೆರೆದಿರುವಾಗ ವಾಯು ಸಂಚಾರವಿಲ್ಲದಿರುವುದನ್ನೂ ಶೀಘ್ರದಲ್ಲಿಯೇ ಮನಗಾಣುತ್ತೇವೆ.

ಒಂದು ಚಹ-ಕೆಟಲಿನಲ್ಲಿನ ನೀರಿಗೆ ಆಗುವಂತೆಯೇ ಕೊಠಡಿಯೊಳಗಿನ ಗಾಳಿಗೂ ಆಗುವುದು. ಶಾಖಪ್ರಸಾರಕವನ್ನು ನಡೆಸಿದಾಗ ಕೊಠಡಿಯೊಳಗಿನ ಕೆಳಗಿನ ಪದರಗಳ ಗಾಳಿಯು ಬಿಸಿಯಾಗುವುದಕ್ಕೆ ಪ್ರಾರಂಭಿಸುವುದು. ಅದು ಪ್ರಸರಿಸಿ, ಹಗುರವಾಗುತ್ತದೆ ಮತ್ತು ಮೇಲ್ಛಾವಣಿಯ ಕಡೆಗೆ ಏರುವುದು. ಹೆಚ್ಚು ಭಾರದ ತಣ್ಣನೆಯ ಗಾಳಿಯ ಪದರಗಳು ಅವುಗಳ ಸ್ಥಾನಕ್ಕೆ ಬರುತ್ತವೆ. ಮತ್ತು ಇವುಗಳೂ ಬಿಸಿಯಾಗಿ ಮೇಲ್ಛಾವಣಿಗೆ ಹೊರಡುವುವು. ಹೀಗಾಗಿ ಬಿಸಿ ಗಾಳಿಯು ಕೆಳಗಿಂದ ಮೇಲಕ್ಕೂ ಮತ್ತು ತಣ್ಣನೆಯ ಗಾಳಿಯು ಮೇಲಿಂದ ಕೆಳಕ್ಕೂ ಚಲಿಸುತ್ತಾ ಕೊಠಡಿಯಲ್ಲಿ

ಗಾಳಿಯ ಒಂದು ಅಖಂಡ ಪ್ರವಾಹವುಂಟಾಗುವುದು. ಚಳಿಗಾಲದಲ್ಲಿ ವಾಯು ಸಂಚಾರಕ ಕಿಟಕಿಯನ್ನು ತೆಗೆದರೆ, ಶೀತವಾಯುವಿನ ಒಂದು ಪ್ರವಾಹವನ್ನು ಕೊಠಡಿಯೊಳಕ್ಕೆ ಬಿಡುತ್ತೇವೆ. ಈ ಶೀತವಾಯು ಕೊಠಡಿಯೊಳಗಿನ ಗಾಳಿಗಿಂತ ಭಾರವಾಗಿರುವುದರಿಂದ ಅದು ಕೆಳಕ್ಕೆ ಹೋಗುವುದು ಮತ್ತು ಬಿಸಿ ಗಾಳಿಯನ್ನು ಬಲವಾಗಿ ಹೊರಕ್ಕೆ ತಳ್ಳುತ್ತದೆ. ಇದು ಕೊಠಡಿಯ ಮೇಲ್ಭಾಗಕ್ಕೆ ಏರಿ ವಾಯುಸಂಚಾರಕ ಕಿಟಕಿಯ ಮೂಲಕ ಹೊರಗೆ ಹೋಗುತ್ತದೆ.

ಒಂದು ಸೀಮೆಎಣ್ಣೆಯ ದೀಪವು ಅದನ್ನು ಎತ್ತರವಾದ ಗಾಜಿನ ಕೊಳವೆಯಿಂದ ಮುಚ್ಚಿದಾಗ ಮಾತ್ರ ಚೆನ್ನಾಗಿ ಉರಿಯುತ್ತದೆ. ಉರಿಯನ್ನು ಗಾಳಿಯಿಂದ ರಕ್ಷಿಸುವುದಕ್ಕೆ ಮಾತ್ರ ಗಾಜನ್ನು ಉಪಯೋಗಿಸಲಾಗಿದೆಯೆಂದು ತಿಳಿಯಕೂಡದು. ಹವಾಮಾನವು ಅತ್ಯಂತ ಶಾಂತವಾಗಿದ್ದರೂ, ದೀಪದ ಮೇಲೆ ಗಾಜನ್ನು ಇಟ್ಟ ಕೂಡಲೇ ಉರಿಯ ಪ್ರಕಾಶವು ಹೆಚ್ಚುತ್ತದೆ. ಗಾಜಿನ ಪಾತ್ರವೇನೆಂದರೆ ಉರಿಯ ಕಡೆಗೆ ಬರುತ್ತಿರುವ ಗಾಳಿಯ ಪ್ರವಾಹವನ್ನು ಹೆಚ್ಚಿಸುವುದು – ಗಾಳಿಯ ಹರಿವನ್ನು ಉಂಟುಮಾಡುವುದು. ಇದು ಏಕೆ ಆಗುವುದೆಂದರೆ ಗಾಜಿನೊಳಗಿನ ಗಾಳಿ ಉರಿಗಾಗಿ ಉಪಯೋಗಿಸಲ್ಪಟ್ಟ ಆಮ್ಲಜನಕವನ್ನು ಕಳೆದುಕೊಂಡು ಬೇಗ ಕಾದು ಮೇಲಕ್ಕೆ ಏರುತ್ತದೆ. ಆಗ ಅದರ ಸ್ಥಾನಕ್ಕೆ ಶುದ್ಧವಾದ ತಣ್ಣನೆಯ ಗಾಳಿಯು ದೀಪದ ಜ್ವಾಲಕದಲ್ಲಿ ಮಾಡಿರುವ ರಂಧ್ರಗಳಿಂದ ಬರುತ್ತದೆ.

ಗಾಜು ಉದ್ದವಾದಷ್ಟೂ ದೀಪವು ಹೆಚ್ಚು ಚೆನ್ನಾಗಿ ಉರಿಯುತ್ತದೆ. ವಾಸ್ತವಿಕವಾಗಿ, ದೀಪದ ಜ್ವಾಲಕದೊಳಕ್ಕೆ ತಣ್ಣನೆಯ ಗಾಳಿಯು ನುಗ್ಗುವ ವೇಗವು ದೀಪದೊಳಗಿನ ಕಾದಿರುವ ಗಾಳಿಯ ಸ್ತಂಭ ಮತ್ತು ಹೊರಗಿರುವ ತಣ್ಣನೆ ಗಾಳಿ ಇವುಗಳ ಭಾರಗಳ ವ್ಯತ್ಯಾಸವನ್ನವಲಂಬಿಸಿರುತ್ತದೆ. ಗಾಳಿಯ ಸ್ತಂಭವು ಹೆಚ್ಚು ಎತ್ತರವಾಗಿದ್ದಷ್ಟೂ, ಈ ಭಾರದ ವ್ಯತ್ಯಾಸವು ಅಷ್ಟು ಹೆಚ್ಚಾಗಿರುವುದು, ಮತ್ತು ಚಲನೆಯು ಅಷ್ಟು ಹೆಚ್ಚು ವೇಗವುಳ್ಳದ್ದಾಗಿರುವುದು.

ಕಾರ್ಖಾನೆಗಳ ಹೊಗೆಕೊಳವೆಗಳನ್ನು ಕೂಡ ಈ ಕಾರಣದಿಂದಲೇ ಎತ್ತರವಾಗಿ ಮಾಡುವರು. ಕಾರ್ಖಾನೆಯ ಕುಲುಮೆ ಒಲೆಗೆ ತೀವ್ರಗತಿಯ ಗಾಳಿಯ ಒಳ

ಪ್ರವಾಹವು, –ಒಳ್ಳೆಯ ಗಾಳಿಯ ಹರಿವು – ಬೇಕಾಗುವುದು. ಎತ್ತರವಾದ ಹೊಗೆ ಕೊಳವಿಯು ಇದನ್ನು ಉಂಟುಮಾಡುವುದು.

ಭಾರದ ಶೂನ್ಯತೆ ಇರುವ ಆಕಾಶಬಾಣದಲ್ಲಿ ಸಂವಹನವಿಲ್ಲದಿರುವುದರಿಂದ ಬೆಂಕಿಕಡ್ಡಿಗಳು, ದೀಪಗಳು ಅಥವಾ ಅನಿಲ ಜ್ವಾಲಕಗಳನ್ನು ಉಪಯೋಗಿಸಲಾಗು ವುದಿಲ್ಲ. ದಹನದಿಂದುಂಟಾಗುವ ಉತ್ಪನ್ನಗಳು ಉರಿಯನ್ನು ಅಡಗಿಸಿಬಿಡುವುವು.

ಗಾಳಿಯು ಒಂದು ನಿಕೃಷ್ಟವಾದ ಉಷ್ಣವಾಹಕ; ಅದರ ಸಹಾಯದಿಂದ ಶಾಖ ವನ್ನು ರಕ್ಷಿಸಿಡಬಹುದು, ಆದರೆ ಒಂದು ನಿರ್ಬಂಧದ ಮೇಲೆ : ಸಂವಹನವಿಲ್ಲದ ಹಾಗೆ, ಅಂದರೆ ಬಿಸಿಯಾದ ಮತ್ತು ತಣ್ಣನೆಯ ಗಾಳಿಯು ಬೆರೆಯದ ಹಾಗೆ ಮಾಡಿದರೆ ಮಾತ್ರ–, ಇಲ್ಲದಿದ್ದರೆ ಗಾಳಿಯ ತಾಪ–ನಿರೋಧಕ ಗುಣವು ನಾಶ ವಾಗುವುದು.

ಸಂವಹನವು ಇಲ್ಲದಂತೆ ಮಾಡುವುದಕ್ಕೆ ಬೇರೆ ಬೇರೆ ವಿಧದ ನಾರು ಸ್ವಭಾವದ ಮತ್ತು ಸರಂಧ್ರ ವಸ್ತುಗಳನ್ನು ಉಪಯೋಗಿಸಲಾಗುವುದು. ಇಂತಹ ಕಾಯಗಳಲ್ಲಿ ಗಾಳಿಯ ಸಂಚಾರವು ಕಷ್ಟವಾಗುವುದು. ಗಾಳಿಯ ಪದರವನ್ನು ತಮ್ಮಲ್ಲಿ ನಿಲ್ಲಿಸಿ ಕೊಳ್ಳುವ ಶಕ್ತಿಯಿಂದಾಗಿ, ಇಂತಹ ವಿಲ್ಲಾ ಕಾಯಗಳೂ ಒಳ್ಳೆಯ ಶಾಖ-ನಿರೋಧಕ ಗಳಾಗುವುವು. ಆದರೆ ರಂಧ್ರಗಳ ಗೋಡೆಗಳು ಅಥವಾ ನಾರುಗಳ ವಸ್ತುವಿನ ತಾಪ ವಾಹಕತ್ವವು ಅತಿ ಕಡಿಮೆಯಾಗಿರಲಿಕ್ಕಿಲ್ಲ.

ಒಂದು ತುಪ್ಪುಳು ಅಂಗಿಯನ್ನು ಆದಷ್ಟು ಹೆಚ್ಚು ಎಳೆಗಳನ್ನೊಳಗೊಂಡ ದಟ್ಟವಾದ ತುಪ್ಪಳದಿಂದ ಮಾಡಿದೆ; ತುಪ್ಪುಳು ತುಂಬಿದ ರಜಾಯಿಯಲ್ಲಿ ಅದರಲ್ಲಿನ ಎಳೆಗಳು ಅತಿಸೂಕ್ಷ್ಮವಾದವುಗಳಾಗಿರುವುದರಿಂದ. ಅದನ್ನು ಅರ್ಧ ಕಿಲೋಗ್ರಾಂಗಿಂತ ಕಡಿಮೆ ತೂಕವಿರುವ ಬೆಚ್ಚನೆಯ ಮಲಗುವ ಚೀಲಗಳನ್ನು ತಯಾರಿಸಲು ಉಪ ಯೋಗಿಸಬಹುದು. ಅರ್ಧ ಕಿಲೋಗ್ರಾಂಅಷ್ಟರ ಈ "ತುಪ್ಪಳ"ವು ಹತ್ತಾರು ಕಿಲೋಗ್ರಾಂಗಳಷ್ಟು ಮೆತ್ತೆಯ ಹಚ್ಚಡಗಳಷ್ಟೇ ಗಾಳಿಯನ್ನು "ಬಂಧಿಸಬಲ್ಲುದು."

ಸಂವಹನವನ್ನು ಕಡಿಮೆ ಮಾಡುವುದಕ್ಕಾಗಿ ಬಿರುಗಾಳಿ ಕಿಟಕಿಗಳನ್ನು ಮಾಡು ವರು. ಕಿಟಕಿ ಕನ್ನಡಿಗಳ ನಡುವಿನಲ್ಲಿರುವ ಗಾಳಿಯು ಕೊಠಡಿಯೊಳಗೆ ಏರ್ಪಡುವ ಗಾಳಿಯ ಪದರಗಳು ಬೆರೆಯುವುದರಲ್ಲಿ ಭಾಗವಹಿಸುವುದಿಲ್ಲ.

ಇದಕ್ಕೆ ಪ್ರತಿಯಾಗಿ, ಗಾಳಿಯ ಪ್ರತಿಯೊಂದು ಚಲನೆಯೂ ಬೆರೆಯುವಿಕೆ ಏರ್ಪಡುವುದನ್ನು ತೀವ್ರಗೊಳಿಸುತ್ತದೆ ಮತ್ತು ಉಷ್ಣದ ಸಾಗಾಣಿಕೆಯನ್ನು ಹೆಚ್ಚಿಸುತ್ತದೆ. ಇದರಿಂದಲೇ ಶಾಖವು ಬೇಗ ಇಳಿಯಬೇಕಾದಾಗ ನಾವು ಬೀಸಣಿಗೆಯಿಂದ ಬೀಸಿಕೊಳ್ಳುತ್ತೇವೆ ಅಥವಾ ವಾಯುಸಂಚಾರಕ ಕಿಟಕಿಯನ್ನು ಓಡುವಂತೆ ಮಾಡುತ್ತೇವೆ. ಬೀಸು ಗಾಳಿಯಲ್ಲಿ ಹೆಚ್ಚು ಚಳಿಯಾಗುವುದು ಈ ಕಾರಣದಿಂದಲೇ. ಆದರೆ ಗಾಳಿಯ ಉಷ್ಣಾಂಶವು ನಮ್ಮ ಶರೀರದ ಉಷ್ಣಾಂಶಕ್ಕಿಂತ ಹೆಚ್ಚಾಗಿದ್ದರೆ, ಬೆರೆಯುವಿಕೆಯು ವಿರೋಧ ಪರಿಣಾಮವುಳ್ಳದ್ದಾಗುವುದು ಮತ್ತು ಗಾಳಿಯು ಬಿಸಿಯಾದ ಶ್ವಾಸದಂತೆ ತೋರುವುದು.

ಆವಿಯ ಕೊಪ್ಪರಿಗೆಯಲ್ಲಿ ಏಳುವ ಸಮಸ್ಯೆ ಏನೆಂದರೆ ಅವಶ್ಯಕವಾದ ಉಷ್ಣಾಂಶಕ್ಕೆ ಆದಷ್ಟು ಬೇಗ ಕಾಯಿಸಿದ ಆವಿಯನ್ನು ಪಡೆಯುವುದು. ಗುರುತ್ವಾಕರ್ಷಕ ಕ್ಷೇತ್ರದಲ್ಲಿನ ಸ್ವಾಭಾವಿಕ ಸಂವಹನವು ಇದಕ್ಕೆ ಸ್ವಲ್ಪವೂ ಸಾಕಾಗುವುದಿಲ್ಲ. ಆದ್ದರಿಂದ ನೀರು ಮತ್ತು ಆವಿಯ ತೀವ್ರವಾದ ಪರಿಚಲನೆಯನ್ನುಂಟುಮಾಡಿ ಅದರಿಂದ ಬಿಸಿಯಾದ ಮತ್ತು ತಣ್ಣಗಿರುವ ಪದರಗಳ ಬೆರಕೆಯಾಗುವಂತೆ ಮಾಡುವುದು ಆವಿಯ ಕೊಪ್ಪರಿಗೆಗಳ ರಚನೆಯಲ್ಲಿನ ಮೂಲಭೂತ ಸಮಸ್ಯೆಗಳಲ್ಲಿ ಒಂದು.

# 4. ದ್ರವ್ಯದ ಸ್ಥಿತಿಗಳು

## ಕಬ್ಬಿಣದ ಆವಿ ಮತ್ತು ಗಟ್ಟಿ ಗಾಳಿ

ಈ ಪದಗಳ ಜೋಡಣೆಯು ವಿಚಿತ್ರವಾಗಿರುವುದಲ್ಲವೇ ? ಆದಾಗ್ಯೂ, ಇದು ಅರ್ಥವಿಲ್ಲದ ಮಾತೇನೂ ಅಲ್ಲ : ಕಬ್ಬಿಣದ ಆವಿಯೂ ಮತ್ತು ಗಟ್ಟಿ ಗಾಳಿಯೂ ಪ್ರಕೃತಿಯಲ್ಲಿ ಇರುತ್ತವೆ, ಆದರೆ ಸಾಧಾರಣ ಪರಿಸ್ಥಿತಿಗಳಲ್ಲಿ ಅಲ್ಲ.

ಹಾಗಾದರೆ ಯಾವ ಪರಿಸ್ಥಿತಿಗಳ ವಿಚಾರವಾಗಿ ಮಾತನಾಡುತ್ತಿದ್ದೇವೆ ? ಒಂದು ವಸ್ತುವಿನ ಸ್ಥಿತಿಯು ಎರಡು ವಿಷಯಗಳಿಂದ ನಿರ್ಧರಿತವಾಗುವುದು : ಉಷ್ಣಾಂಶ ಮತ್ತು ಒತ್ತಡ.

ನಮ್ಮ ಜೀವನವೆಲ್ಲಾ ಸ್ವಲ್ಪವೇ ಬದಲಾವಣೆಯಾಗಬಲ್ಲ ಗತಿಸ್ಥಿತಿಗಳಿಂದ ಕೂಡಿವೆ. ಗಾಳಿಯ ಒತ್ತಡವು ಒಂದು ವಾಯುಮಂಡಲ ಮೌಲ್ಯದ ಹಲವು ಪ್ರತಿ ಶತ ಗಳಷ್ಟು ವ್ಯತ್ಯಾಸವಾಗುತ್ತದೆ; ಗಾಳಿಯ ಉಷ್ಣಾಂಶವು, ಮಾಸ್ಕೋ ಹತ್ತಿರ ಎಂದಿಟ್ಟು ಕೊಳ್ಳೋಣ, —30 ರಿಂದ +30 °C ಅಂತರದಲ್ಲಿರುವುದು; ಅತ್ಯಂತ ಕನಿಷ್ಠ ಪ್ರಮಾಣದ ಉಷ್ಣಾಂಶವು (—273 °C) ಶೂನ್ಯಕ್ಕೆ ಸಮವಾಗಿರುವ ಪರಮಮಾನ ದಲ್ಲಿ ಈ ಅಂತರವು ಅಷ್ಟು ಪರಿಣಾಮಕಾರಕವಾಗಿ ಕಾಣುವುದಿಲ್ಲ : 240–300 K, ಇದು ಸರಾಸರಿ ಪರಿಮಾಣದ ಕೇವಲ ± 10% ಮಾತ್ರ.

ಈ ಸಾಮಾನ್ಯ ಪರಿಸ್ಥಿತಿಗಳಿಗೆ ನಾವು ಒಗ್ಗಿಹೋಗಿರುವುದು ಸಹಜವೇ, ಇದ ರಿಂದಾಗಿ "ಕಬ್ಬಿಣವು ಒಂದು ಗಟ್ಟಿ ಪದಾರ್ಥ, ಗಾಳಿಯು ಒಂದು ಅನಿಲ" ಎಂಬ ಸರಳ ರೀತಿಯ ನಿಜಾಂಶಗಳನ್ನು ಹೇಳುವಾಗ, "ಪ್ರಮಾಣಭೂತ ಪರಿಸ್ಥಿತಿಗಳಲ್ಲಿ" ಎಂದು ಸೇರಿಸಿಕೊಳ್ಳುವುದನ್ನು ಮರೆಯುತ್ತೇವೆ.

ಕಬ್ಬಿಣವನ್ನು ಕಾಯಿಸಿದರೆ. ಅದು ಮೊದಲು ಕರಗುತ್ತದೆ, ಆಮೇಲೆ ಆವಿಯಾಗುತ್ತದೆ. ಗಾಳಿಯನ್ನು ತಣ್ಣಗೆ ಮಾಡಿದರೆ, ಅದು ಮೊದಲು ದ್ರವರೂಪವನ್ನು ಹೊಂದುತ್ತದೆ ಮತ್ತು ಆಮೇಲೆ ಗಟ್ಟಿಯಾಗುತ್ತದೆ.

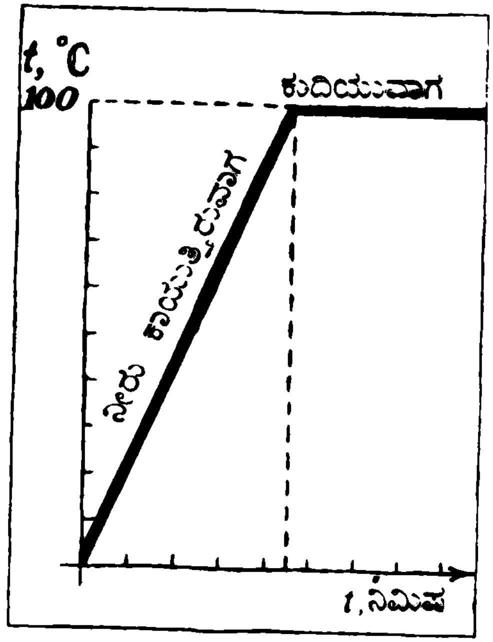
ವಾಚಕನು ಕಬ್ಬಿಣದ ಆವಿಯನ್ನಾಗಲಿ ಅಥವಾ ಗಟ್ಟಿ ಗಾಳಿಯನ್ನಾಗಲಿ ಎಂದೂ ಕಾಣದೆ ಇದ್ದರೂ ಆತನು ಅಥವಾ ಆಕೆಯು ಉಷ್ಣಾಂಶದ ಬದಲಾವಣೆಯಿಂದ ಯಾವ ಪದಾರ್ಥವನ್ನೇ ಆಗಲಿ ಗಟ್ಟಿಯಾದ, ದ್ರವರೂಪದ ಮತ್ತು ಅನಿಲ ರೂಪದ ಸ್ಥಿತಿಯಲ್ಲಿ – ಅಥವಾ ಹೀಗೂ ಹೇಳಬಹುದು. ಗಟ್ಟಿ, ದ್ರವ ಮತ್ತು ಅನಿಲ ಅವಸ್ಥೆಯಲ್ಲಿ – ಹೊಂದಬಹುದು ಎಂಬುದನ್ನು ಪ್ರಾಯಶಃ ಕಷ್ಟವಿಲ್ಲದೆ ನಂಬಬಹುದು.

ಇದನ್ನು ನಂಬುವುದು ಸುಲಭ, ಏಕೆಂದರೆ ಯಾವ ಪದಾರ್ಥದ ಅಭಾವದಲ್ಲಿ ಭೂಮಿಯ ಮೇಲೆ ಜೀವನವು ಅಸಾಧ್ಯವೋ ಅಂತಹ ಪದಾರ್ಥವನ್ನು ಪ್ರತಿ ಒಬ್ಬರೂ ನೋಡಿರುವರು ಮತ್ತು ಅಂತಹ ಪದಾರ್ಥವು ಅನಿಲರೂಪದಲ್ಲಿಯೋ, ದ್ರವರೂಪದಲ್ಲಿಯೋ ಅಥವಾ ಘನ ಸ್ಥಿತಿಯಲ್ಲಿಯೋ ಇರುವುದು. ಹೌದು, ನಾವು ಹೇಳುತ್ತಿರುವುದು ನೀರಿನ ವಿಚಾರವಾಗಿ.

ಆದರೆ ಒಂದು ಸ್ಥಿತಿಯಿಂದ ಮತ್ತೊಂದು ಸ್ಥಿತಿಗೆ ಪದಾರ್ಥದ ಪರಿವರ್ತನೆಯು ಯಾವ ಸಂದರ್ಭಗಳಲ್ಲಿ ಸಂಭವಿಸುವುದು ?

## ಕುದಿಯುವುದು

ಒಂದು ಚಹದ ಕೆಟಲಿನಲ್ಲಿ ಹಾಕಿರುವ ನೀರಿನಲ್ಲಿ ಶಾಖಮಾಪಕವನ್ನಿಟ್ಟು, ವಿದ್ಯುತ್ತಿನ ಒಲೆಯನ್ನು ಹಚ್ಚಿ, ಶಾಖಮಾಪಕದೊಳಗಿನ ಪಾದರಸವನ್ನು ಗಮನಿಸುತ್ತಿದ್ದರೆ, ನಾವು ನೋಡುವುದು ಹೀಗಿರುತ್ತದೆ : ಪಾದರಸದ ಮಟ್ಟವು ಕೂಡಲೇ ಮೇಲಕ್ಕೆ ಏರುವುದಕ್ಕೆ ಮೊದಲುಮಾಡುತ್ತದೆ. ಈಗಾಗಲೆ ಅದು 90, 95 ಮತ್ತು ಕೊನೆಗೆ 100 °C ಆಗಿರುವುದು. ನೀರು ಕುದಿಯುವುದಕ್ಕೆ ಆರಂಭಿಸುವುದು ಮತ್ತು ಜೊತೆಯಲ್ಲಿಯೇ ಪಾದರಸವು ಏರುವುದು ನಿಲ್ಲುವುದು. ನೀರು ಆಗಲೇ ಅನೇಕ ನಿಮಿಷಗಳಿಂದ ಕುದಿಯುತ್ತಿದೆ, ಆದರೆ ಪಾದರಸದ ಮಟ್ಟವು ವ್ಯತ್ಯಾಸವಾಗು




ಚಿತ್ರ 4.1

ವುದಿಲ್ಲ. ನೀರೆಲ್ಲಾ ಪೂರ್ತಿಯಾಗಿ ಕುದಿದು ಹೋಗುವವರೆಗೂ ಉಷ್ಣಾಂಶವು ಬದಲಾಯಿಸುವುದಿಲ್ಲ (ಚಿತ್ರ 4.1).

ನೀರಿನ ಉಷ್ಣಾಂಶವು ವ್ಯತ್ಯಾಸವಾಗದಿದ್ದರೆ ಉಷ್ಣವು ಯಾತಕ್ಕೋಸ್ಕರ ಉಪಯೋಗಿಸಲ್ಪಟ್ಟಿದೆ ? ಉತ್ತರವು ಸುಸ್ಪಷ್ಟ. ನೀರನ್ನು ಆವಿಯಾಗಿ ಪರಿವರ್ತಿಸುವುದಕ್ಕೆ ಶಕ್ತಿಯು ಅವಶ್ಯಕ.

ಒಂದು ಗ್ರಾಂ ನೀರಿನ ಶಕ್ತಿಯನ್ನು ಅದರಿಂದ ಉಂಟಾದ ಆವಿಯ ಶಕ್ತಿಯೊಡನೆ ಹೋಲಿಸಿ ನೋಡೋಣ. ಆವಿಯ ಅಣುಗಳು ಪರಸ್ಪರ ನೀರಿನ ಅಣುಗಳಿಗಿಂತ ದೂರದೂರದಲ್ಲಿ ಹರಡಿವೆ. ಈ ಕಾರಣದಿಂದ ನೀರಿನ ಸ್ಥಿತಿಜ ಶಕ್ತಿಯು ಆವಿಯ ಸ್ಥಿತಿಜ ಶಕ್ತಿಯಿಂದ ಭಿನ್ನವಾಗಿರುತ್ತದೆ ಎಂಬುದು ಸ್ಪಷ್ಟವಾಗುವುದು.

ಆಕರ್ಷಕ ಕಣಗಳ ಸ್ಥಿತಿಜ ಶಕ್ತಿಯು ಅವುಗಳು ಪರಸ್ಪರ ಸಮೀಪಿಸಿದಂತೆಲ್ಲಾ ಕಡಿಮೆಯಾಗುವುದು. ಆದ್ದರಿಂದ ಆವಿಯ ಸ್ಥಿತಿಜ ಶಕ್ತಿಯು ನೀರಿನದಕ್ಕಿಂತ ಹೆಚ್ಚಾಗಿರುವುದು ಮತ್ತು ಇದರಿಂದ ನೀರನ್ನು ಆವಿಯಾಗಿ ಮಾಡುವುದಕ್ಕೆ ಶಕ್ತಿಯು

ಅವಶ್ಯಕ. ಈ ಹೆಚ್ಚುವರಿಯ ಶಕ್ತಿಯನ್ನು ವಿದ್ಯುತ್ತಿನ ಒಲೆಯು ಚಹ–ಕೆಟಲಿನಲ್ಲಿ ಕುದಿಯುತ್ತಿರುವ ನೀರಿಗೆ ನೀಡಿದೆ.

ನೀರನ್ನು ಆವಿಯಾಗಿ ಪರಿವರ್ತಿಸುವುದಕ್ಕೆ ಹಿಡಿಯುವ ಶಕ್ತಿಯನ್ನು **ಬಾಷ್ಪೀಕರಣದ ಗುಪ್ತೋಷ್ಣ**ವೆಂದು ಕರೆಯುವರು. 1 ಗ್ರಾಂ ನೀರನ್ನು ಆವಿಯರೂಪಕ್ಕೆ ಪರಿವರ್ತಿಸಲು 539 ಕ್ಯಾಲೊರಿಗಳು ಹಿಡಿಯುವುದು (ಈ ಸಂಖ್ಯೆಯು 100 °C ಉಷ್ಣಾಂಶಕ್ಕೆ). 1 ಗ್ರಾಂಗೆ 539 ಕ್ಯಾಲೊರಿಗಳು ಉಪಯೋಗವಾದರೆ, 1 ಮೋಲ್ ನೀರಿಗೆ $18 \times 539 \approx 9700$ ಕ್ಯಾಲೊರಿಗಳನ್ನು ನೀಡಬೇಕು. ಉಷ್ಣದ ಈ ಮೊತ್ತವನ್ನು ಅಣುಗಳ ನಡುವಿನ ಬಂಧನಗಳನ್ನು ಒಡೆಯಲು ಉಪಯೋಗಿಸಬೇಕು. ಈ ಸಂಖ್ಯೆಯನ್ನು ಅಣುಗಳ ನಡುವಿನ ಬಂಧನಗಳನ್ನು ಒಡೆಯಲು ಬೇಕಾಗುವ ಕ್ರಿಯಾಶಕ್ತಿಯ ಮೊತ್ತದೊಡನೆ ಹೋಲಿಸಬಹುದು. ಒಂದು ಮೋಲ್ ಆವಿಯನ್ನು ಪರಮಾಣುಗಳಾಗಿ ಒಡೆಯುವುದಕ್ಕೆ ಸುಮಾರು 220 000 ಕ್ಯಾಲೊರಿಗಳು, ಅಂದರೆ 25 ಸಲದಷ್ಟು ಶಕ್ತಿಯು ಬೇಕಾಗುವುದು. ಅಣುಗಳನ್ನು ಒಂದಕ್ಕೊಂದು ಬಂಧಿಸುವ ಬಲಗಳು ಅಣುವಿನಲ್ಲಿರುವ ಪರಮಾಣುಗಳನ್ನು ಒಟ್ಟಿಗೆ ಬಂಧಿಸುವ ಬಲಗಳೊಡನೆ ಹೋಲಿಸಿದರೆ ಎಷ್ಟು ದುರ್ಬಲವಾದವು ಎಂಬುದನ್ನು ಇದು ತೋರಿಸುತ್ತದೆ.

## ಕುದಿಕಾವು ಒತ್ತಡವನ್ನು ಅವಲಂಬಿಸಿರುವುದು

ನೀರಿನ ಕುದಿಕಾವು 100 °Cಗೆ ಸಮವಾಗಿರುವುದು; ಇದು ನೀರಿನ ಒಂದು ಅಂತರ್ಗತ ಗುಣ. ಅಂದರೆ ನೀರು ಯಾವಾಗಲೂ, ಎಲ್ಲಿಯಾಗಲಿ, ಯಾವ ಪರಿಸ್ಥಿತಿಯಲ್ಲಿಯಾಗಲಿ 100 °Cನಲ್ಲಿ ಕುದಿಯುವುದೆಂದು ನಾವು ಭಾವಿಸಬಹುದು.

ಆದರೆ ಇದು ಹಾಗಲ್ಲ. ಬೆಟ್ಟಗಳ ಮೇಲೆ ಎತ್ತರ ಪ್ರದೇಶಗಳಲ್ಲಿ ವಾಸಿಸುವ ಜನಗಳಿಗೆ ಇದು ಚೆನ್ನಾಗಿ ತಿಳಿದಿರುತ್ತದೆ.

ಮೌಂಟ್ ಎಲ್ಬ್ರುಸ್ ಮೋಲ್ಗಡೆಯಲ್ಲಿ ಒಂದು ಪ್ರವಾಸಿಗಳ ಕುಟೀರವೂ ಮತ್ತು ವೈಜ್ಞಾನಿಕ ಠಾಣೆಯೂ ಇರುವುವು. ತಿಳಿಯದವರು ಕೆಲವು ವೇಳೆ "ಕುದಿಯುವ ನೀರಿನಲ್ಲಿ ಮೊಟ್ಟೆಯನ್ನು ಬೇಯಿಸುವುದು ಎಷ್ಟು ಕಷ್ಟ" ಅಥವಾ

"ಕುದಿಯುತ್ತಿರುವ ನೀರು ಏಕೆ ಬೊಬ್ಬೇ ಎಬ್ಬಿಸುವುದಿಲ್ಲ" ಎಂದು ಆಶ್ಚರ್ಯಪಡುವರು. ಮೌಂಟ್ ಎಲ್ಬ್ರುಸ್ ಮೇಲೆ ನೀರು 80 °Cಗಳಲ್ಲೇ ಕುದಿಯುತ್ತಿರುವುದು ಎಂಬುದನ್ನು ಇಂತಹ ಸಂದರ್ಭಗಳಲ್ಲಿ ಅವರ ಗಮನಕ್ಕೆ ತರಲಾಗುವುದು.

ಆದರೆ ಇದಕ್ಕೆ ಕಾರಣವೇನು ? ಯಾವ ಭೌತಿಕ ಅಂಶವು ಕುದಿಯುವುದರಲ್ಲಿ ಕೈಹಾಕುವುದು ? ಮತ್ತು ಸಮುದ್ರ ಮಟ್ಟದ ಮೇಲಿನ ಎತ್ತರ ಏನಾದರೂ ಪರಿಣಾಮ ಉಂಟುಮಾಡುವುದೇ ?

ಇಲ್ಲಿರುವ ಭೌತಿಕ ಅಂಶವು ಯಾವುದೆಂದರೆ ದ್ರವದ ಮೇಲ್ಮೈಯ ಮೇಲೆ ಪ್ರಯೋಗವಾಗಿರುವ ಒತ್ತಡ. ನಾವು ಹೇಳಿರುವುದರ ಸಪ್ರಮಾಣತೆಯನ್ನು ತಾಳೆ ನೋಡುವುದಕ್ಕಾಗಿ ಒಂದು ಪರ್ವತದ ತುದಿಗೆ ಹತ್ತಬೇಕಾಗಿಲ್ಲ.

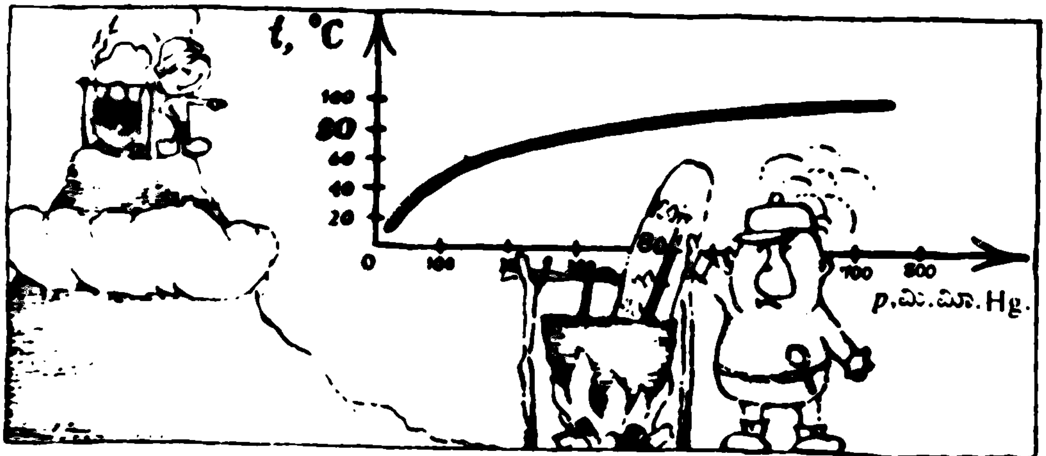
ಕಾಯಿಸಲ್ಪಡುತ್ತಿರುವ ನೀರಿನ ಮೇಲೆ ಗಂಟೆಯಾಕಾರದ ಗಾಜಿನ ಪಾತ್ರೆಯನ್ನಿಟ್ಟು ಅದರೊಳಕ್ಕೆ ಅಥವಾ ಅದರಿಂದ ಹೊರಕ್ಕೆ ಗಾಳಿಯನ್ನು ಪಂಪ್ ಮಾಡಿದರೆ, ಕುದಿಕಾವು ಒತ್ತಡದ ಹೆಚ್ಚುವರಿಯಿಂದ ಏರುವುದು ಮತ್ತು ಒತ್ತಡದ ಇಳಿತದಿಂದ ಇಳಿಯುವುದು ಎಂಬುದನ್ನು ಮನಗಾಣಬಹುದು.

ನೀರು 100 °Cಯಲ್ಲಿ ಕುದಿಯುವುದು ಒಂದು ಖಚಿತವಾದ ಒತ್ತಡದಲ್ಲಿಯೇ — 760 ಮಿ.ಮೀ. Hg (ಅಥವಾ 1 ವಾಯುಮಂಡಲ).

ಕುದಿಕಾವು ಒತ್ತಡವನ್ನು ಹೇಗೆ ಅವಲಂಬಿಸಿರುವುದು ಎಂಬುದನ್ನು ತೋರಿಸುವ ವಕ್ರರೇಖೆಯನ್ನು ಚಿತ್ರ 4.2ರಲ್ಲಿ ಪ್ರದರ್ಶಿಸಿದೆ. ಮೌಂಟ್ ಎಲ್ಬ್ರುಸ್ ತುದಿಯಲ್ಲಿನ ಒತ್ತಡವು 0.5 ವಾಯುಮಂಡಲಕ್ಕೆ ಸಮವಾಗಿರುತ್ತದೆ ಮತ್ತು 82 °C ಅಷ್ಟರ ಕುದಿಕಾವು ಈ ಒತ್ತಡಕ್ಕೆ ಅನುಗುಣವಾಗಿರುವುದು.

ಬಿಸಿ ಹವಾಮಾನದಲ್ಲಿಯೂ ಕೂಡ 10–15 ಮಿ.ಮೀ. Hg ಒತ್ತಡದಲ್ಲಿ ಕುದಿಯುತ್ತಿರುವ ನೀರಿನಿಂದ ನಮ್ಮನ್ನು ನಾವು ತಂಪುಮಾಡಿಕೊಳ್ಳಬಹುದು. ಇಂತಹ ಒತ್ತಡಗಳಲ್ಲಿ ಕುದಿಕಾವು 10–15 °Cಗೆ ಇಳಿಯುತ್ತದೆ.

ಘನೀಭವಿಸುತ್ತಿರುವ ನೀರಿನ ಉಷ್ಣಾಂಶವಿರುವ "ಕುದಿಯುವ ನೀರನ್ನು" ಕೂಡ ಹೊಂದಬಹುದು. ಇದಕ್ಕಾಗಿ ಒತ್ತಡವನ್ನು 4.6 ಮಿ.ಮೀ. Hgಗೆ ಇಳಿಸಬೇಕು.




ಚಿತ್ರ 4.2

ಒಂದು ಮುಚ್ಚಳವಿಲ್ಲದ ಪಾತ್ರೆಯಲ್ಲಿನ ನೀರನ್ನು ಗಂಟೆಯಾಕಾರದ ಗಾಜಿನ ಪಾತ್ರೆಯ ಕೆಳಗಿಟ್ಟು ಗಾಳಿಯನ್ನು ಹೊರಕ್ಕೆ ಪಂಪ್ ಮಾಡಿದರೆ ಒಂದು ಕುತೂಹಲ ಕರವಾದ ನೋಟವನ್ನು ಕಾಣಬಹುದು. ಇದು ನೀರನ್ನು ಕುದಿಯುವಂತೆ ಮಾಡು ತ್ತದೆ, ಆದರೆ ಕುದಿಯುವುದಕ್ಕೆ ಉಷ್ಣವು ಬೇಕು. ಆದರೆ ಗಾಳಿ ಇಲ್ಲದೆ ಇರುವುದ ರಿಂದ, ನೀರು ತನ್ನ ಸ್ವಂತ ಶಕ್ತಿಯನ್ನೇ ಬಿಟ್ಟುಕೊಡಬೇಕಾಗುತ್ತದೆ. ಕುದಿಯು ತ್ತಿರುವ ನೀರಿನ ಉಷ್ಣಾಂಶವು ಇಳಿಯಲು ಆರಂಭಿಸುತ್ತದೆ. ಆದರೆ ಪಂಪ್ ಮಾಡುವುದು ಮುಂದುವರಿಯುವುದರಿಂದ, ಒತ್ತಡವೂ ಇಳಿಯುತ್ತದೆ. ಆದ್ದರಿಂದ ಕುದಿಯುವುದು ನಿಲ್ಲುವುದಿಲ್ಲ, ನೀರು ತಣ್ಣಗಾಗುತ್ತಲೇ ಹೋಗುತ್ತದೆ ಮತ್ತು ಕೊನೆಗೆ ಘನೀಭವಿಸುತ್ತದೆ.

ತಣ್ಣಗಿರುವ ನೀರು ಕುದಿಯುವುದು ಕೇವಲ ಗಾಳಿಯನ್ನು ಹೊರಕ್ಕೆ ಪಂಪ್ ಮಾಡುವುದರಿಂದಲೇ ಅಲ್ಲ. ಉದಾಹರಣೆಗೆ, ಒಂದು ನೌಕಾ ತಿರುಪು ಚಾಲಕವು ಸುತ್ತುವಾಗ, ಲೋಹ ಮೇಲ್ಮೈಗೆ ಸುತ್ತಲೂ ವೇಗದಿಂದ ಚಲಿಸುತ್ತಿರುವ ನೀರಿನ ಪದರದಲ್ಲಿನ ಒತ್ತಡವು ತೀವ್ರವಾಗಿ ಇಳಿಯುತ್ತದೆ ಮತ್ತು ಇದರಿಂದಾಗಿ ಈ ಪದರ ದಲ್ಲಿನ ನೀರು ಕುದಿಯುತ್ತದೆ. ಅಂದರೆ, ಆವಿ ತುಂಬಿದ ಅನೇಕ ಗುಳ್ಳೆಗಳು ಅದರಲ್ಲಿ ಕಾಣಿಸಿಕೊಳ್ಳುತ್ತವೆ. ಈ ಘಟನೆಯನ್ನು **ಕ್ಯಾವಿಟೇಷನ್** (cavitation) ಎಂದು

ಕರೆಯುತ್ತಾರೆ (ಇದು "ಟೊಳ್ಳು" ಎಂದು ಅರ್ಥವಿರುವ ಕ್ಯಾವುಸ್ (cavus) ಎಂಬ ಲ್ಯಾಟಿನ್ ಪದದಿಂದ ಬಂದಿದೆ).

ಒತ್ತಡವನ್ನು ಇಳಿಸಿದರೆ, ಕುದಿಕಾವನ್ನು ಇಳಿಸುತ್ತೇವೆ. ಮತ್ತು ಅದನ್ನು ಹೆಚ್ಚಿಸಿದರೆ? ನಮ್ಮ ರೇಖಾಚಿತ್ರದಂತೆಯೇ ಇರುವ ಮತ್ತೊಂದು ರೇಖಾ ಚಿತ್ರವು ಈ ಪ್ರಶ್ನೆಗೆ ಉತ್ತರ ಕೊಡುವುದು. 15 ವಾಯುಮಂಡಲಗಳ ಒತ್ತಡವು ನೀರು ಕುದಿಯುವುದನ್ನು ಎಷ್ಟು ಸಾವಕಾಶಪಡಿಸುವುದೆಂದರೆ, ಅದು 200 °C ಯಲ್ಲಿಯೇ ಕುದಿಯುವುದಕ್ಕೆ ಆರಂಭಿಸುವುದು ಮತ್ತು 80 ವಾಯುಮಂಡಲದ ಒತ್ತಡವು ನೀರು 300 °Cಯಲ್ಲಿ ಮಾತ್ರ ಕುದಿಯುವಂತೆ ಮಾಡುವುದು.

ಹೀಗಾಗಿ, ಒಂದು ನಿರ್ದಿಷ್ಟ ಕುದಿಕಾವು ಒಂದು ನಿರ್ದಿಷ್ಟವಾದ ಬಾಹ್ಯ ಒತ್ತಡಕ್ಕೆ ಅನುಗುಣವಾಗಿರುವುದು. ಆದರೆ ಈ ಹೇಳಿಕೆಯನ್ನು "ಒಂದು ನಿರ್ದಿಷ್ಟ ಒತ್ತಡವು ನೀರಿನ ಪ್ರತಿಯೊಂದು ಕುದಿಕಾವಿಗೂ ಅನುಗುಣವಾಗಿರುತ್ತದೆ" ಎಂಬುದಾಗಿ "ತಿರುಗಿಸಿ" ಹೇಳಬಹುದು. ಈ ಒತ್ತಡಕ್ಕೆ **ಬಾಷ್ಪ ಒತ್ತಡ** ಎಂದು ಹೆಸರು.

ಕುದಿಕಾವು ಒತ್ತಡವನ್ನವಲಂಬಿಸಿರುವ ರೀತಿಯನ್ನು ತೋರಿಸುವ ವಕ್ರ ರೇಖೆಯೇ ಬಾಷ್ಪ ಒತ್ತಡವು ಉಷ್ಣಾಂಶದ ಫಲನವಾಗಿರುವುದನ್ನು ರೂಪಿಸುವ ವಕ್ರರೇಖೆಯಾಗಿಯೂ ಇರುವುದು.

ಕುದಿಕಾವು ರೇಖಾಚಿತ್ರದ ಮೇಲೆ (ಅಥವಾ ಬಾಷ್ಪ ಒತ್ತಡದ ರೇಖಾಚಿತ್ರದ ಮೇಲೆ) ಗುರ್ತಿಸಿದ ಸಂಖ್ಯೆಗಳು ತೋರಿಸುವುದೇನೆಂದರೆ ಉಷ್ಣಾಂಶದ ಬದಲಾವಣೆ ಯಿಂದ ಬಾಷ್ಪ ಒತ್ತಡವು ಶೀಘ್ರವಾಗಿ ವ್ಯತ್ಯಾಸವಾಗುವುದು. 0 °Cಯಲ್ಲಿ (ಅಂದರೆ 273 K) ಬಾಷ್ಪ ಒತ್ತಡವು 4.6 ಮಿ.ಮೀ. Hgಗೆ ಸಮವಾಗಿರುತ್ತದೆ. 100 °Cಯಲ್ಲಿ (373 K) ಅದು 760 ಮಿ.ಮೀ. Hgಗೆ ಸಮವಾಗಿರುತ್ತದೆ. ಅಂದರೆ 165 ಸಲಗಳಷ್ಟು ಹೆಚ್ಚಿರುತ್ತದೆ. ಉಷ್ಣಾಂಶವನ್ನು 0 °C (ಅಂದರೆ 273 K) ಇಂದ 273 °C (ಅಂದರೆ 546 K)ಗೆ ಇಮ್ಮಡಿಸಿದರೆ ಬಾಷ್ಪ ಒತ್ತಡವು 4.6 ಮಿ.ಮೀ. Hg ಇಂದ ಹೆಚ್ಚು ಕಡಿಮೆ 60 ವಾಯುಮಂಡಲದಷ್ಟಕ್ಕೆ, ಅಂದರೆ 10,000 ಸಲಗಳಷ್ಟು ಬೆಳೆಯುತ್ತದೆ.

ಆದ್ದರಿಂದ, ಇದಕ್ಕೆ ಪ್ರತಿಯಾಗಿ, ಕುದಿಕಾವು ಒತ್ತಡ ವ್ಯತ್ಯಾಸದಿಂದ ನಿಧಾನವಾಗಿ ವ್ಯತ್ಯಾಸಪಡುತ್ತದೆ. ಒತ್ತಡವನ್ನು 0.5 ರಿಂದ 1 ವಾಯುಮಂಡಲಕ್ಕೆ ಇಮ್ಮಡಿಸಿದರೆ, ಕುದಿಕಾವು 82 °C (ಅಂದರೆ 355 K) ಇಂದ 100 °C (ಅಂದರೆ 373 K)ಗೆ ಹೆಚ್ಚುವುದು ಮತ್ತು 1 ರಿಂದ 2 ವಾಯುಮಂಡಲಕ್ಕೆ ಇಮ್ಮಡಿಸಿದರೆ, 100 °C (ಅಂದರೆ 373 K) ಇಂದ 120 °C (ಅಂದರೆ 393 K)ಗೆ ಹೆಚ್ಚುವುದು.

ನಾವು ಈಗ ಪರ್ಯಾಲೋಚಿಸುತ್ತಿರುವ ವಕ್ರರೇಖೆಯೇ ಆವಿಯು ನೀರಿನ ಹನಿಯಾಗುವುದನ್ನೂ ನಿಯಂತ್ರಿಸುತ್ತದೆ.

ಆವಿಯನ್ನು ಅದನ್ನು ಸಂಕುಚಿಸುವುದರಿಂದಾಗಲಿ ಅಥವಾ ಅದನ್ನು ತಣ್ಣಗೆ ಮಾಡುವುದರಿಂದಾಗಲಿ ನೀರಾಗಿ ಮಾರ್ಪಡಿಸಬಹುದು.

ದ್ರವರೂಪಕ್ಕೆ ಬರುವಾಗ, ಕುದಿಯುವುದರಲ್ಲಿ ಆಗುವಂತೆಯೇ ಆವಿಯು ನೀರಾಗಿಯೂ ಅಥವಾ ನೀರು ಆವಿಯಾಗಿಯೂ ಪೂರ್ತಿಯಾಗಿ ಮಾರ್ಪಡುವವರೆಗೂ ಬಿಂದುವು ರೇಖಾಚಿತ್ರವನ್ನು ಬಿಟ್ಟು ಚಲಿಸುವುದೇ ಇಲ್ಲ. ಇದನ್ನು ಹೀಗೂ ನಿರೂಪಿಸಬಹುದು : ದ್ರವ ಮತ್ತು ಬಾಷ್ಪ ಸ್ಥಿತಿಗಳೆರಡೂ ನಮ್ಮ ವಕ್ರರೇಖೆಯ ಪರಿಸ್ಥಿತಿಗಳಲ್ಲಿ ಒಟ್ಟಿಗೆ ಇರಲು ಸಾಧ್ಯ (ಮತ್ತು ಈ ಪರಿಸ್ಥಿತಿಗಳಲ್ಲಿ ಮಾತ್ರ). ಇದಲ್ಲದೆ, ಉಷ್ಣವನ್ನು ಒದಗಿಸುವುದಾಗಲಿ ಅಥವಾ ತೆಗೆಯುವುದಾಗಲಿ ಇಲ್ಲದಿರುವಾಗ, ಒಂದು ಮುಚ್ಚಿರುವ ಪಾತ್ರೆಯೊಳಗಿನ ಬಾಷ್ಪ ಮತ್ತು ದ್ರವ ಇವುಗಳ ಮೊತ್ತವು ಅವ್ಯತ್ಯಸ್ತವಾಗಿರುವುದು. ಇಂತಹ ಬಾಷ್ಪವೂ ಮತ್ತು ದ್ರವವೂ ಸಮತಾಸ್ಥಿತಿಯಲ್ಲಿರುವುವೆಂದು ಹೇಳುತ್ತೇವೆ ಮತ್ತು ತನ್ನ ದ್ರವದೊಡನೆ ಸಮತಾಸ್ಥಿತಿಯಲ್ಲಿರುವ ಬಾಷ್ಪವನ್ನು **ಸಂತೃಪ್ತ** ಎಂದು ಕರೆಯುವರು.

ನಾವು ಈಗ ಕಂಡಂತೆ, ಕುದಿಯುವ ಮತ್ತು ದ್ರವಣ ವಕ್ರರೇಖೆಯು, ಮತ್ತೂ ಒಂದು ಅರ್ಥವುಳ್ಳದ್ದಾಗಿರುತ್ತದೆ – ಅದು ದ್ರವ ಮತ್ತು ಬಾಷ್ಪ ಇವುಗಳ ಸಮತಾಸ್ಥಿತಿಯ ರೇಖೆ. ಸಮತಾಸ್ಥಿತಿಯ ರೇಖೆಯು ನಕ್ಷೆಯ ಸಮತಲವನ್ನು ಎರಡು ಭಾಗವಾಗಿ ವಿಂಗಡಿಸುತ್ತದೆ, ರೇಖೆಯ ಎಡಗಡೆಗೆ ಮತ್ತು ಮೇಲ್ಗಡೆಗೆ

(ಹೆಚ್ಚಿನ ಉಷ್ಣಾಂಶಗಳ ಮತ್ತು ಕಡಿಮೆ ಒತ್ತಡಗಳ ಕಡೆಗೆ) ಸ್ಥಿರತೆಯ-ಬಾಷ್ಪ ಪ್ರದೇಶ, ರೇಖೆಯ ಬಲಗಡೆಗೆ ಮತ್ತು ಕೆಳಗಡೆಗೆ ಸ್ಥಿರತೆಯ-ದ್ರವ ಪ್ರದೇಶ.

ಬಾಷ್ಪ-ದ್ರವ ಸಮತಾಸ್ಥಿತಿ ರೇಖೆಯು, ಅಂದರೆ ಕುದಿಕಾವಿನ ಒತ್ತಡದ ಮೇಲೆ ಅವಲಂಬನದ ರೇಖೆ, ಅಥವಾ ಬಾಷ್ಪ ಒತ್ತಡವು ಉಷ್ಣಾಂಶದ ಮೇಲೆ ಅವಲಂಬನದ ರೇಖೆಯು, ಎಲ್ಲಾ ದ್ರವಗಳಿಗೂ ಹೆಚ್ಚು ಕಡಿಮೆ ಒಂದೇ ಆಗಿರುವುದು. ಕೆಲವು ದೃಷ್ಟಾಂತಗಳಲ್ಲಿ ವ್ಯತ್ಯಾಸವು ಸ್ವಲ್ಪ ತೀವ್ರವಾಗಿರಬಹುದು, ಮತ್ತೆ ಕೆಲವಲ್ಲಿ ಕಡಿಮೆ ಇರಬಹುದು, ಆದರೆ ಉಷ್ಣಾಂಶವು ಹೆಚ್ಚಿದರೆ, ಬಾಷ್ಪ ಒತ್ತಡವು ಯಾವಾಗಲೂ ಹೆಚ್ಚು ತೀವ್ರವಾಗುವುದು.

ನಾವು ಈಗಾಗಲೆ "ಅನಿಲ" ಮತ್ತು "ಬಾಷ್ಪ" ಎಂಬ ಪದಗಳನ್ನು ಬಹಳ ಸಲ ಉಪಯೋಗಿಸಿದ್ದೇವೆ. ಈ ಎರಡು ಪದಗಳು ಹೆಚ್ಚು ಕಡಿಮೆ ಒಂದೇ ಅರ್ಥವುಳ್ಳವು. ಹೀಗೆ ಹೇಳಬಹುದು : ನೀರಿನ ಅನಿಲವು ನೀರಿನ ಬಾಷ್ಪ, ಆಮ್ಲಜನಕದ ಅನಿಲವು ದ್ರವರೂಪದ ಆಮ್ಲಜನಕದ ಬಾಷ್ಪ. ಹೀಗಿದ್ದರೂ, ಈ ಎರಡು ಪದಗಳ ಉಪಯೋಗದ ವಿಚಾರದಲ್ಲಿ ಒಂದು ವಾಡಿಕೆ ಏರ್ಪಟ್ಟಿದೆ. ನಮಗೆ ವಾಡಿಕೆಯಾಗಿ ಅನುಭವದಲ್ಲಿರುವುದು ಉಷ್ಣಾಂಶಗಳ ಸಣ್ಣ ಪ್ರಮಾಣದ ಅಂತರವಾದುದರಿಂದ, ನಾವು "ಅನಿಲ" ಎಂಬ ಪದವನ್ನು ಪ್ರಮಾಣಭೂತ ಉಷ್ಣಾಂಶಗಳಲ್ಲಿ ಬಾಷ್ಪ ಒತ್ತಡವು ವಾಯುಮಂಡಲದ ಒತ್ತಡಕ್ಕಿಂತ ಹೆಚ್ಚಾಗಿರುವ ಪದಾರ್ಥಗಳಿಗೆ ಅನ್ವಯಿಸುತ್ತೇವೆ. ಪ್ರತಿಯಾಗಿ, ಯಾವ ಪದಾರ್ಥವು ಕೋಠಡಿಯ ಉಷ್ಣಾಂಶ ಮತ್ತು ವಾಯುಮಂಡಲ ಒತ್ತಡದಲ್ಲಿ ದ್ರವರೂಪದಲ್ಲಿ ಹೆಚ್ಚು ಸ್ಥಿರತೆಯಿಂದ ಇರುತ್ತದೆಯೋ ಅದನ್ನು ಬಾಷ್ಪ ಎಂದು ಹೇಳುತ್ತೇವೆ.

## ಬಾಷ್ಪೀಕರಣ

ಕುದಿಯುವುದು ಶೀಘ್ರವಾಗಿ ನಡೆಯುವ ಒಂದು ಕಾರ್ಯಗತಿ ಮತ್ತು ಸ್ವಲ್ಪ ಕಾಲವಾದ ಮೇಲೆ ಕುದಿಯುವ ನೀರಿನ ಒಂದು ಕುರುಹು ಕೂಡ ಉಳಿಯುವುದಿಲ್ಲ—ಅದು ಆವಿರೂಪಕ್ಕೆ ಪರಿವರ್ತಿತವಾಗುತ್ತದೆ.

ಆದರೆ ನೀರು ಅಥವಾ ಬೇರೆ ಯಾವುದಾದರೂ ಒಂದು ದ್ರವವು ಬಾಷ್ಪವಾಗಿ

ಪರಿವರ್ತಿತವಾಗುವಂತಹ ಮತ್ತೊಂದು ಸಂಗತಿ ಇದೆ—**ಬಾಷ್ಪೀಕರಣ**. ಇದು ಒತ್ತಡವು ಏನೇ ಆಗಿದ್ದರೂ, –ಇದು ಸಾಮಾನ್ಯ ಪರಿಸ್ಥಿತಿಗಳಲ್ಲಿ 760 ಮಿ.ಮೀ. Hg ಆಗಿರುವುದು– ಮತ್ತು ಉಷ್ಣಾಂಶವು ಏನೇ ಇದ್ದರೂ ಸಂಭವಿಸುತ್ತದೆ. ಬಾಷ್ಪೀಕರಣವು ಕುದಿಯುವುದರಂತಲ್ಲ, ಅದು ಬಹಳ ನಿಧಾನವಾದ ಕಾರ್ಯಗತಿಯದಾಗಿದೆ. ಓ-ಡಿ-ಕೊಲೋನ್ ಪರಿಮಳ ದ್ರವದ ಸೀಸೆಯನ್ನು ಮುಚ್ಚಲು ಮರೆತಿದ್ದರೆ, ಕೆಲವು ದಿನಗಳ ನಂತರ ಅದು ಖಾಲಿಯಾಗಿರುತ್ತದೆ; ಒಂದು ಚಹತಟ್ಟೆಯಲ್ಲಿನ ನೀರು ಇನ್ನೂ ಹೆಚ್ಚು ಕಾಲ ಬಾಳುತ್ತದೆ, ಆದರೆ ಕಾಲಾಂತರದಲ್ಲಿ ಅದೂ ಒಣಗುತ್ತದೆ.

ಬಾಷ್ಪೀಕರಣದ ಕಾರ್ಯಗತಿಯಲ್ಲಿ ಗಾಳಿಯು ಮುಖ್ಯ ಪಾತ್ರವನ್ನು ಪಡೆದಿದೆ. ನೀರಿನ ಬಾಷ್ಪೀಕರಣವನ್ನು ಗಾಳಿಯು ತನಗೆ ತಾನೇ ತಡೆಯಲಾಗುವುದಿಲ್ಲ. ಒಂದು ದ್ರವದ ಮೇಲ್ಮೈ ಮುಚ್ಚಳವನ್ನು ತೆಗೆದಕೂಡಲೆ, ನೀರಿನ ಅಣುಗಳು ಅತಿ ಸಮೀಪದ ಗಾಳಿಯ ಪದರದೊಳಕ್ಕೆ ಪ್ರವೇಶಿಸಲು ಆರಂಭಿಸುತ್ತವೆ. ಈ ಪದರದಲ್ಲಿನ ಬಾಷ್ಪದ ಸಾಂದ್ರತೆಯು ಶೀಘ್ರದಲ್ಲಿಯೇ ಹೆಚ್ಚುವುದು; ಸ್ವಲ್ಪ ಕಾಲದ ಮೇಲೆ ಬಾಷ್ಪದ ಒತ್ತಡವು ಪರಿಸರದ ಉಷ್ಣಾಂಶದಲ್ಲಿನ ಬಾಷ್ಪ ಒತ್ತಡಕ್ಕೆ ಸಮವಾಗುವುದು. ಅದೂ ಅಲ್ಲದೆ, ಬಾಷ್ಪ ಒತ್ತಡವು ಗಾಳಿಯ ಅಭಾವದಲ್ಲಿರುವ ಪ್ರಮಾಣದ್ದೇ ಆಗಿರುತ್ತದೆ.

ಗಾಳಿಯ ಒಳಕ್ಕೆ ಬಾಷ್ಪದ ಪ್ರವೇಶದಿಂದ ಒತ್ತಡವು ಹೆಚ್ಚುವುದೆಂದು ತಿಳಿಯಕೂಡದು. ನೀರಿನ ಮೇಲ್ಮೈ ಮೇಲಿರುವ ಪ್ರದೇಶದಲ್ಲಿನ ಒಟ್ಟು ಒತ್ತಡವು ಹೆಚ್ಚಾಗುವುದಿಲ್ಲ; ಬಾಷ್ಪದಿಂದ ಉಂಟಾಗುವ ಭಾಗವು ಮಾತ್ರ ಹೆಚ್ಚಾಗುತ್ತದೆ ಮತ್ತು ಬಾಷ್ಪದಿಂದ ಸ್ಥಳಾಂತರ ಹೊಂದಿದ ಗಾಳಿಯ ಭಾಗವು ಇದಕ್ಕೆ ಅನುಗುಣವಾಗಿ ಕಡಿಮೆಯಾಗುತ್ತದೆ.

ನೀರಿನ ಮೇಲೆ ಗಾಳಿ ಮಿಶ್ರವಾದ ಬಾಷ್ಪವಿದೆ; ಇನ್ನೂ ಮೇಲಕ್ಕೆ ಬಾಷ್ಪವಿಲ್ಲದ ಗಾಳಿಯ ಪದರಗಳಿವೆ. ಅವು ಬೆರೆಕೆಯಾಗಿಯೇ ಆಗುತ್ತವೆ. ನೀರಿನ ಬಾಷ್ಪವು ಮೇಲಿನ ಪದರಗಳೊಳಕ್ಕೆ ಎಡಬಿಡದೆ ಪ್ರವೇಶಿಸ್ತುಲೇ ಇರುತ್ತದೆ ಮತ್ತು ಕೆಳಗಿನ ಪದರದಲ್ಲಿರುವ ಅದರ ಸ್ಥಾನಕ್ಕೆ ನೀರಿನ ಯಾವುದೇ ಅಣುಗಳಿಲ್ಲದ ಗಾಳಿಯು

ಬರುತ್ತದೆ. ಆದ್ದರಿಂದ, ಹೊಸ ನೀರಿನ ಅಣುಗಳಿಗೆ ನೀರಿಗೆ ಅತ್ಯಂತ ಸಮೀಪದಲ್ಲಿರುವ ಪದರದಲ್ಲಿ ಯಾವಾಗಲೂ ಸ್ಥಳ ಉಂಟಾಗುತ್ತಲೇ ಇರುವುದು. ಮೇಲ್ಮೈಯಲ್ಲಿ ನೀರಿನ ಬಾಷ್ಪದ ಒತ್ತಡವು ಬಾಷ್ಪ ಒತ್ತಡಕ್ಕೆ ಸಮವಾಗಿರುತ್ತಾ ನೀರು ಆವಿಯಾಗುತ್ತಲೇ ಇರುತ್ತದೆ, ಮತ್ತು ಈ ಕಾರ್ಯಕ್ರಮವು ನೀರು ಪೂರ್ತಿಯಾಗಿ ಆವಿಯಾಗುವವರೆಗೂ ಮುಂದುವರಿಯುತ್ತದೆ.

ಓ-ಡಿ-ಕೊಲೋನ್ ಮತ್ತು ನೀರು ಇವುಗಳ ದೃಷ್ಟಾಂತಗಳೊಡನೆ ನಾವು ಪ್ರಾರಂಭಿಸಿದೆವು. ಅವು ಬೇರೆ ಬೇರೆ ವೇಗಗಳಲ್ಲಿ ಆವಿಯಾಗುವುವು ಎಂಬುದು ಸರ್ವಸಾಮಾನ್ಯವಾಗಿ ತಿಳಿದಿರುವ ವಿಷಯ. ಈಥರು ಅತಿ ವೇಗದಿಂದ, ಆಲ್ಕೊಹಾಲ್ ಹೆಚ್ಚು ಕಡಿಮೆ ಶೀಘ್ರವಾಗಿಯೇ ಮತ್ತು ನೀರು ತುಂಬಾ ನಿಧಾನವಾಗಿ ಹಾರಿಹೋಗುತ್ತವೆ. ಇದು ಏಕೆ ಹೀಗೆ ಎಂಬುದು ಕೊಠಡಿಯ ಉಷ್ಣಾಂಶದಲ್ಲಿ ಈ ದ್ರವಗಳ ಬಾಷ್ಪ ಒತ್ತಡದ ಪರಿಮಾಣಗಳನ್ನು ಒಂದು ಕೈಪಿಡಿಯಿಂದ ಕಂಡುಕೊಂಡರೆ ನಮಗೆ ಕೂಡಲೇ ಅರ್ಥವಾಗುವುದು. ಈ ಸಂಖ್ಯೆಗಳನ್ನು ಇಲ್ಲಿ ಕೊಡಲಾಗಿದೆ. ಈಥರ್—437 ಮಿ.ಮೀ, ಆಲ್ಕೊಹಾಲ್—44.5 ಮಿ.ಮೀ. ಮತ್ತು ನೀರು—17.5 ಮಿ.ಮೀ. Hg.

ಬಾಷ್ಪ ಒತ್ತಡವು ಹೆಚ್ಚಾಗಿದ್ದಷ್ಟೂ ಪಕ್ಕದ ಗಾಳಿಯ ಪದರದಲ್ಲಿ ಹೆಚ್ಚು ಬಾಷ್ಪವಿರುತ್ತದೆ ಮತ್ತು ದ್ರವವು ಹೆಚ್ಚು ವೇಗದಿಂದ ಆವಿಯಾಗುತ್ತದೆ. ಬಾಷ್ಪ ಒತ್ತಡವು ಉಷ್ಣಾಂಶದೊಡನೆ ಹೆಚ್ಚುತ್ತ ಹೋಗುವುದೆಂಬುದು ನಮಗೆ ತಿಳಿದಿದೆ. ಕಾಯಿಸುವುದರಿಂದ ಬಾಷ್ಪೀಕರಣದ ಗತಿಯು ಏಕೆ ಹೆಚ್ಚುವುದೆಂಬುದು ಸ್ಪಷ್ಟ.

ಬಾಷ್ಪೀಕರಣದ ಗತಿಯ ಮೇಲೆ ಇತರ ಸಾಧನಗಳಿಂದಲೂ ಪರಿಣಾಮ ಉಂಟುಮಾಡಬಹುದು. ಬಾಷ್ಪೀಕರಣಕ್ಕೆ ಸಹಾಯನೀಡಬೇಕಾದರೆ, ನಾವು ದ್ರವದಿಂದ ಬಾಷ್ಪವನ್ನು ಹೆಚ್ಚು ಶೀಘ್ರವಾಗಿ ತೆಗೆಯಬೇಕು, ಅಂದರೆ ಅದು ಗಾಳಿಯ ಜೊತೆಗೆ ಬೆರೆಕೆಯಾಗುವುದನ್ನು ತ್ವರಿತಗೊಳಿಸಬೇಕು. ದ್ರವದ ಮೇಲೆ ಊದುವುದರಿಂದ ಬಾಷ್ಪೀಕರಣವು ಬಹುಮಟ್ಟಿಗೆ ತ್ವರಿತಗೊಳ್ಳುವುದು. ಈ ಕಾರಣದಿಂದಲೇ ನೀರು ಸ್ವಲ್ಪ ಕಡಿಮೆ ಪ್ರಮಾಣದ ಬಾಷ್ಪ ಒತ್ತಡವುಳ್ಳದ್ದಾಗಿದ್ದರೂ, ತಟ್ಟೆಯನ್ನು ಗಾಳಿಯಲ್ಲಿಟ್ಟರೆ ಶೀಘ್ರದಲ್ಲಿಯೇ ನೀರು ಕಣ್ಮರೆಯಾಗುತ್ತದೆ.

ಒಬ್ಬ ಈಜುಗಾರನಿಗೆ ನೀರಿನಿಂದ ಹೊರಗೆ ಬಂದ ಮೇಲೆ, ಗಾಳಿಯಲ್ಲಿ ಏಕೆ ಚಳಿ ತೋರುವುದು ಎಂಬುದು ಇದರಿಂದ ಸ್ಪಷ್ಟ. ವಾಯುವು ಬಾಷ್ಪದೊಡನೆ ಬೆರೆಯುವುದನ್ನು ಗಾಳಿಯು ತ್ವರಿತಗೊಳಿಸುವುದು ಮತ್ತು ಆದರಿಂದ ಬಾಷ್ಪೀಕರಣದ ಗತಿಯನ್ನು ಹೆಚ್ಚಿಸುವುದು, ಆದರೆ ಈ ಬಾಷ್ಪೀಕರಣಕ್ಕೆ ಈಜುಗಾರನ ದೇಹವು ಹೆಚ್ಚಿನ ಉಷ್ಣವನ್ನು ಕಡ್ಡಾಯವಾಗಿ ಕೊಡಬೇಕಾಗುವುದು.

ಒಬ್ಬ ವ್ಯಕ್ತಿಯ ಅನುಭವವು ಹೇಗಿರುವುದೆಂಬುದು ಗಾಳಿಯಲ್ಲಿ ಎಷ್ಟು ನೀರಿನ ಆವಿ ಇದೆ ಎಂಬುದನ್ನು ಅವಲಂಬಿಸಿರುತ್ತದೆ. ತೇವವಿಲ್ಲದ ಗಾಳಿ ಮತ್ತು ತೇವಗೂಡಿದ ಗಾಳಿ ಎರಡೂ ಅಹಿತವಾಗಿರುವುವು. ಆರ್ದ್ರತೆಯು 60%ಗೆ ಸಮವಾಗಿದ್ದಾಗ ಅದು ಪ್ರಮಾಣಭೂತವೆಂದು ಪರಿಗಣಿಸಲ್ಪಡುವುದು. ಇದರ ಅರ್ಥವೇನೆಂದರೆ ನೀರಿನ ಬಾಷ್ಪ ಸಾಂದ್ರತೆಯು ಅದೇ ಉಷ್ಣಾಂಶದಲ್ಲಿರುವ ಸಂತೃಪ್ತ ನೀರಿನ ಬಾಷ್ಪ ಸಾಂದ್ರತೆಗೆ 60%ರಷ್ಟು ಇರುವುದು.

ತೇವಗೂಡಿದ ಗಾಳಿಯನ್ನು ತಂಪುಗೊಳಿಸಿದರೆ, ಅದರಲ್ಲಿನ ನೀರಿನ ಬಾಷ್ಪ ಒತ್ತಡವು ಕಟ್ಟಕಡೆಗೆ ಈ ಉಷ್ಣಾಂಶದಲ್ಲಿನ ಬಾಷ್ಪ ಒತ್ತಡಕ್ಕೆ ಸಮವಾಗುವುದು. ಬಾಷ್ಪವು ಸಂತೃಪ್ತವಾಗುವುದು ಮತ್ತು ಉಷ್ಣಾಂಶವು ಇನ್ನೂ ಇಳಿದರೆ ಹನಿಯಾಗಿ ನೀರಾಗುವುದು. ಹುಲ್ಲನ್ನು ಮತ್ತು ಎಲೆಗಳನ್ನು ತೇವಗೊಳಿಸುವ ಬೆಳಗಿನ ಇಬ್ಬನಿಯು ಈ ಘಟನೆಯಿಂದಲೇ ತಲೆದೋರುವುದು.

20 °Cನಲ್ಲಿ ಸಂತೃಪ್ತ ನೀರಿನ ಬಾಷ್ಪ ಸಾಂದ್ರತೆಯು ಸುಮಾರು 0.000 02 ಗ್ರಾಂ/(ಸೆಂ.ಮೀ)$^3$ ಆಗಿರುತ್ತದೆ. ಗಾಳಿಯಲ್ಲಿನ ನೀರಿನ ಬಾಷ್ಪದ ಮೊತ್ತವು ಇದರ 60% ಇದ್ದರೆ, ಅಂದರೆ ಪ್ರತಿ ಘನ ಸೆಂಟಿಮೀಟರಿಗೆ ಒಂದು ಗ್ರಾಂನ ಒಂದು ಲಕ್ಷದ ಒಂದು ಭಾಗದಷ್ಟಕ್ಕಿಂತ ಸ್ವಲ್ಪವೇ ಹೆಚ್ಚು ಇದ್ದರೆ, ನಮಗೆ ಹಿತವಾಗಿ ತೋರುವುದು.

ಇದು ಒಂದು ಸಣ್ಣ ಸಂಖ್ಯೆಯಾಗಿದ್ದರೂ, ಒಂದು ಕೊಠಡಿಯೊಳಗೆ ಪರಿಣಾಮಕಾರಕವಾದಷ್ಟು ನೀರಿನ ಮೊತ್ತವಿರುವಂತೆ ಮಾಡುವುದು. 12(ಮೀ)$^2$ ಕ್ಷೇತ್ರಫಲ ಮತ್ತು 3 ಮೀ. ಎತ್ತರವುಳ್ಳ ಸರಾಸರಿ ಪ್ರಮಾಣದ ಒಂದು ಕೊಠಡಿ

ಯಲ್ಲಿ ಸಂತೃಪ್ತ ಬಾಷ್ಪ ರೂಪದ ನೀರಿನ ಒಂದು ಕಿಲೋಗ್ರಾಂ ಅಷ್ಟಕ್ಕೆ "ಸ್ಥಳ ವಿರುವುದೆಂದು" ಗಣಿಸಿ ಕಂಡುಕೊಳ್ಳುವುದು ಕಷ್ಟವಲ್ಲ.

ಇದರಿಂದಾಗಿ ಭದ್ರವಾಗಿ ಮುಚ್ಚಿರುವ ಒಂದು ಕೊಠಡಿಯಲ್ಲಿ ತೆರೆದಿರುವ ಒಂದು ಪೀಪಾಯಿ ನೀರನ್ನಿಟ್ಟರೆ, ಪೀಪಾಯಿಯ ಘನ ಅಳತೆಯು ಏನೇ ಇರಲಿ ಒಂದು ಲೀಟರಿನಷ್ಟು ನೀರು ಆವಿಯಾಗುತ್ತದೆ.

ನೀರಿನ ಸಂಬಂಧದ ಈ ಅಂಕಿಯನ್ನು ಇದಕ್ಕೆ ಅನುಗುಣವಾದ ಪಾದರಸದ ಅಂಕಿಯೊಡನೆ ಹೋಲಿಸಿ ನೋಡುವುದು ಸ್ವಾರಸ್ಯಕರವಾಗಿರುವುದು. 20 °Cಯ ಅದೇ ಉಷ್ಣಾಂಶದಲ್ಲಿ ಸಂತೃಪ್ತ ಪಾದರಸದ ಬಾಷ್ಪ ಸಾಂದ್ರತೆಯು $10^{-8}$ ಗ್ರಾಂ/(ಸೆಂ.ಮೀ.)$^3$ ಆಗಿರುತ್ತದೆ. ನಾವು ಈಗ ತಾನೆ ಪರ್ಯಾಲೋಚಿಸಿದ ಅಳತೆಯ ಕೊಠಡಿಯಲ್ಲಿ 1 ಗ್ರಾಂ ಅಷ್ಟು ಪಾದರಸದ ಬಾಷ್ಪಕ್ಕೆ ಸ್ಥಳವಿರುತ್ತದೆ.

ಪ್ರಾಸಂಗಿಕವಾಗಿ ಹೇಳುವುದಾದರೆ, ಪಾದರಸದ ಬಾಷ್ಪವು ಬಹಳ ವಿಷಕರ ವಾದುದು ಮತ್ತು ಅದರ ಒಂದು ಗ್ರಾಂ ಪ್ರಮಾಣವು ಯಾವುದೇ ವ್ಯಕ್ತಿಯ ಆರೋಗ್ಯವನ್ನಾದರೂ ಕೆಡಿಸುತ್ತದೆ. ಪಾದರಸದೊಡನೆ ಕೆಲಸಮಾಡುವಾಗ, ಒಂದು ಅತಿ ಸಣ್ಣ ತೊಟ್ಟು ಕೂಡ ಚೆಲ್ಲದಂತೆ ನೋಡಿಕೊಳ್ಳುವುದು ಅವಶ್ಯಕ.

## ಅವಧಿಕ ಉಷ್ಣಾಂಶ

ಒಂದು ಅನಿಲವನ್ನು ದ್ರವವಾಗಿ ಹೇಗೆ ಪರಿವರ್ತಿಸುವುದು ? ಕುದಿಕಾವಿನ ರೇಖಾಚಿತ್ರವು ಈ ಪ್ರಶ್ನೆಗೆ ಉತ್ತರ ನೀಡುತ್ತದೆ. ಒಂದು ಅನಿಲದ ಉಷ್ಣಾಂಶ ವನ್ನು ಇಳಿಸುವುದರಿಂದಾಗಲಿ ಅಥವಾ ಒತ್ತಡವನ್ನು ಹೆಚ್ಚಿಸುವುದರಿಂದಾಗಲಿ ದ್ರವ ರೂಪಕ್ಕೆ ಪರಿವರ್ತಿಸಬಹುದು.

19ನೆಯ ಶತಮಾನದಲ್ಲಿ, ಒತ್ತಡವನ್ನು ಹೆಚ್ಚಿಸುವ ಸಮಸ್ಯೆಯು ಉಷ್ಣಾಂಶ ವನ್ನು ಇಳಿಸುವುದಕ್ಕಿಂತ ಸುಲಭಕರವಾಗಿ ತೋರುತ್ತಿತ್ತು. ಆ ಶತಮಾನದ ಆದಿ ಯಲ್ಲಿ, ಪ್ರಸಿದ್ಧ ಇಂಗ್ಲಿಷ್ ಭೌತವಿಜ್ಞಾನಿ ಮೈಕೆಲ್ ಫ್ಯಾರಡೆ (1791–1867) ಎಂಬಾತನು ಅನಿಲಗಳನ್ನು ಅವುಗಳ ಬಾಷ್ಪ ಒತ್ತಡಗಳ ಪರಿಮಾಣಕ್ಕೆ ಸಂಕುಚಿತ ಗೊಳಿಸುವುದರಲ್ಲಿ ವಿಜಯಶೀಲನಾದನು ಮತ್ತು ಈ ರೀತಿಯಲ್ಲಿ ಅನೇಕ ಅನಿಲ

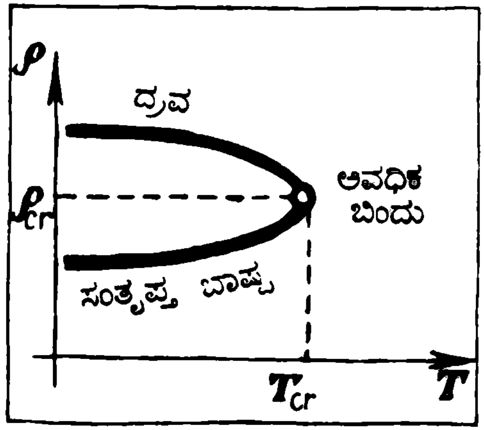
ಗಳನ್ನು (ಕ್ಲೋರಿನ್, ಕಾರ್ಬನ್ ಡೈಯಾಕ್ಸೈಡ್ ಮುಂತಾದುವನ್ನು) ದ್ರವಗಳಾಗಿ ಪರಿವರ್ತಿಸಿದನು.

ಆದರೂ ಜಲಜನಕ, ಸಾರಜನಕ, ಆಮ್ಲಜನಕ ಮುಂತಾದ ಕೆಲವು ಅನಿಲಗಳನ್ನು ದ್ರವರೂಪಕ್ಕೆ ಇಳಿಸಲಾಗಲಿಲ್ಲ. ಒತ್ತಡವನ್ನು ಎಷ್ಟು ಹೆಚ್ಚಿಸಿದರೂ ಅವು ದ್ರವಗಳಾಗಿ ಪರಿವರ್ತಿತವಾಗಲಿಲ್ಲ. ಆಮ್ಲಜನಕ ಮತ್ತು ಇತರ ಅನಿಲಗಳನ್ನು ದ್ರವಗಳಾಗಿ ಪರಿವರ್ತಿಸಲಾಗುವುದಿಲ್ಲವೆಂದು ನಾವು ಭಾವಿಸಬಹುದು. ಅವುಗಳನ್ನು ಸಹಜವಾದ ಅಥವಾ ಅವ್ಯತ್ಯಸ್ತವಾಗಿರುವ ಅನಿಲಗಳೆಂದು ಪರಿಗಣಿಸಲಾಯ್ತು.

ಆದರೆ ವಾಸ್ತವವಾಗಿ, ಈ ಅಪಜಯಗಳು ಒಂದು ಮುಖ್ಯ ವಿಷಯದ ತಿಳಿವಳಿಕೆಯ ಅಭಾವದಿಂದ ಉಂಟಾದವು.

ಸಮತಾಸ್ಥಿತಿಯಲ್ಲಿರುವ ಒಂದು ದ್ರವ ಮತ್ತು ಬಾಷ್ಪವನ್ನು ಪರಿಶೀಲನೆಗೆ ತೆಗೆದುಕೊಳ್ಳೋಣ ಮತ್ತು ಕುದಿಕಾವು ಹಾಗೂ ಅದಕ್ಕೆ ಸಂಬಂಧಿಸಿದಂತೆ ಒತ್ತಡವನ್ನು ಹೆಚ್ಚಿಸಿದರೆ ಅವಕ್ಕೆ ಏನಾಗುವುದು ಎಂಬುದನ್ನು ವಿಚಾರಮಾಡೋಣ. ಬೇರೆ ಮಾತುಗಳಲ್ಲಿ ಹೇಳುವುದಾದರೆ, ಕುದಿಕಾವಿನ ರೇಖಾಚಿತ್ರದಲ್ಲಿನ ಒಂದು ಬಿಂದು ರೇಖೆಯನ್ನನುಸರಿಸುತ್ತ ಮೇಲುಗಡೆಗೆ ಚಲಿಸುತ್ತದೆಯೆಂದು ಭಾವಿಸೋಣ. ಉಷ್ಣಾಂಶವು ಹೆಚ್ಚಿದಾಗ ದ್ರವವು ವಿಸ್ತರಿಸುತ್ತದೆ ಮತ್ತು ಅದರ ಸಾಂದ್ರತೆಯು ಕಡಿಮೆಯಾಗುತ್ತದೆ ಎಂಬುದು ಸ್ಪಷ್ಟವಾಗಿಯೇ ಇರುವುದು. ಆದರೆ ಬಾಷ್ಪದ ವಿಚಾರದಲ್ಲಿ, ಕುದಿಕಾವಿನ ಏರಿಕೆಯು ವಿಸ್ತರಣಕ್ಕೆ ಅನುಕೂಲವಾಗಿರುವುದೇನೊ ಸರಿ, ಆದರೆ ನಾವು ಆಗಲೇ ಹೇಳಿರುವಂತೆ ಸಂತೃಪ್ತ ಬಾಷ್ಪದ ಒತ್ತಡವು ಕುದಿಕಾವಿಗಿಂತ ಬಹಳಮಟ್ಟಿಗೆ ತೀವ್ರವಾಗಿ ಹೆಚ್ಚುತ್ತದೆ. ಆದ್ದರಿಂದ ಬಾಷ್ಪದ ಸಾಂದ್ರತೆಯು ಇಳಿಯುವುದಿಲ್ಲ, ಆದರೆ ಅದಕ್ಕೆ ಪ್ರತಿಯಾಗಿ ಕುದಿಕಾವಿನ ಹೆಚ್ಚುವರಿಯೊಡನೆ ಅದು ಬೇಗನೆ ಹೆಚ್ಚುತ್ತದೆ.

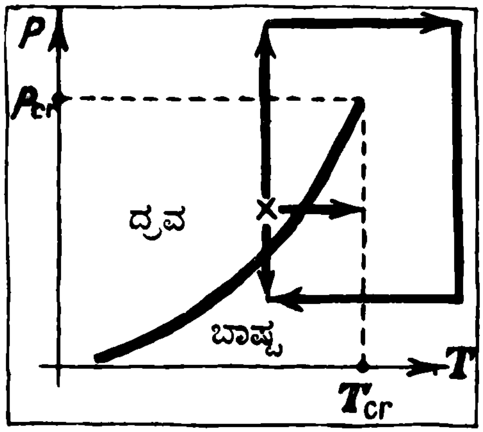
ಕುದಿಕಾವಿನ ರೇಖೆಯಲ್ಲಿ "ಮೇಲುಗಡೆಗೆ" ಚಲಿಸುತ್ತ, ದ್ರವದ ಸಾಂದ್ರತೆಯು ಕಡಿಮೆಯಾಗುವುದರಿಂದಲೂ ಮತ್ತು ಬಾಷ್ಪದ ಸಾಂದ್ರತೆಯು ಹೆಚ್ಚುವುದರಿಂದಲೂ, ನಾವು ಕಟ್ಟಕಡೆಗೆ ದ್ರವದ ಮತ್ತು ಬಾಷ್ಪದ ಸಾಂದ್ರತೆಗಳು ಸಮವಾಗಿರುವ ಬಿಂದುವನ್ನು ಖಂಡಿತವಾಗಿಯೂ ತಲಪುತ್ತೇವೆ (ಚಿತ್ರ 4.3).




ಚಿತ್ರ 4.3

**ಅವಧಿಕ** ಎಂಬ ಹೆಸರಿನ ಈ ವಿಶೇಷ ರೀತಿಯ ಬಿಂದುವಿನಲ್ಲಿ ಕುದಿಕಾವಿನ ರೇಖೆಯು ಕಡಿದುಹೋಗುತ್ತದೆ. ಒಂದು ಅನಿಲ ಮತ್ತು ಒಂದು ದ್ರವ ಇವುಗಳ ನಡುವಿನ ವ್ಯತ್ಯಾಸಗಳೆಲ್ಲಾ ಸಾಂದ್ರತೆಯ ವ್ಯತ್ಯಾಸಗಳಿಗೆ ಸಂಬಂಧಿಸಿವವೇ ಆದುದರಿಂದ ಅವಧಿಕ ಬಿಂದುವಿನಲ್ಲಿ ದ್ರವ ಮತ್ತು ಅನಿಲದ ಲಕ್ಷಣಗಳು ಒಂದೇ ಆಗುವುವು. ಪ್ರತಿಯೊಂದು ವಸ್ತುವೂ ತನ್ನದೇ ಆದ ಅವಧಿಕ ಉಷ್ಣಾಂಶ ಮತ್ತು ಅವಧಿಕ ಒತ್ತಡವನ್ನು ಹೊಂದಿರುವುವು. ಹೇಗೆಂದರೆ, ನೀರಿನ ಅವಧಿಕ ಬಿಂದುವಿಗೆ ಸಂಬಂಧಿಸಿದಂತೆ ಉಷ್ಣಾಂಶವು 374 °C ಮತ್ತು ಒತ್ತಡವು 218.5 ವಾಯುಮಂಡಲ ಇರುವುದು.

ಅವಧಿಕ ಉಷ್ಣಾಂಶಕ್ಕಿಂತ ಕಡಿಮೆ ಉಷ್ಣಾಂಶವಿರುವ ಒಂದು ಅನಿಲವನ್ನು ಸಂಕುಚಿಸಿದರೆ, ಈ ಸಂಕೋಚನೆಯ ವಿಧಾನವನ್ನು ಕುದಿಕಾವಿನ ರೇಖೆಯನ್ನು ಸಂಧಿಸುವ ಒಂದು ಬಾಣದಿಂದ ಪ್ರದರ್ಶಿಸಬಹುದು (ಚಿತ್ರ 4.4). ಇದರಿಂದ ತಿಳಿಯಬರುವುದೇನೆಂದರೆ, ಬಾಷ್ಪ ಒತ್ತಡಕ್ಕೆ ಸಮವಾದ ಒತ್ತಡವನ್ನು ತಲಪಿದ ಸಮಯದಲ್ಲಿ (ಬಾಣವು ಕುದಿಕಾವಿನ ರೇಖೆಯನ್ನು ಸಂಧಿಸುವ ಬಿಂದು), ಅನಿಲವು ದ್ರವರೂಪಕ್ಕೆ ತಿರುಗುವುದಕ್ಕೆ ಆರಂಭಿಸುವುದು. ನಮ್ಮ ಪಾತ್ರೆಯು ಪಾರದರ್ಶಕವಾಗಿದ್ದರೆ, ಈ ಸಮಯದಲ್ಲಿ ಪಾತ್ರೆಯ ತಳದಲ್ಲಿ ದ್ರವದ ಒಂದು ಪದರವು ರೂಪುಗೊಳ್ಳುತ್ತಿರುವುದನ್ನು ನಾವು ನೋಡಬಹುದು. ಒತ್ತಡವು ವ್ಯತ್ಯಾಸವಾಗದಿದ್ದರೆ,




**ಚಿತ್ರ 4.4**

ಎಲ್ಲಾ ಅನಿಲವೂ ದ್ರವರೂಪಕ್ಕೆ ಪರಿವರ್ತಿತವಾಗುವವರೆಗೂ ದ್ರವದ ಪದರವು ಬೆಳೆಯುತ್ತಲಿರುವುದು. ಇನ್ನೂ ಹೆಚ್ಚು ಸಂಕೋಚಿಸಬೇಕಾದರೆ ಆಗ ಒತ್ತಡವನ್ನು ಹೆಚ್ಚಿಸಬೇಕಾಗುವುದು.

ಅವಧಿಕಕ್ಕಿಂತ ಹೆಚ್ಚು ಉಷ್ಣಾಂಶವಿರುವ ಯಾವುದೇ ಒಂದು ಅನಿಲದ ಸಂಕೋಚನದಲ್ಲಿ ಸನ್ನಿವೇಶವು ಪೂರ್ತಿಯಾಗಿ ಬೇರೆ ಇರುತ್ತದೆ. ಸಂಕೋಚನ ವಿಧಾನವನ್ನು ಪುನಃ ಮೇಲಕ್ಕೆ ಹೋಗುತ್ತಿರುವ ಬಾಣದಿಂದ ತೋರಿಸಬಹುದು. ಆದರೆ ಈಗ ಬಾಣವು ಕುದಿಕಾವಿನ ರೇಖೆಯನ್ನು ಸಂಧಿಸುವುದೇ ಇಲ್ಲ. ಆದ್ದರಿಂದ, ಸಂಕೋಚನವು ನಡೆಯುತ್ತಿರುವಾಗ ಬಾಷ್ಪವು ದ್ರವವಾಗುವುದಿಲ್ಲ, ಆದರೆ ನಿರಂತರವಾಗಿ ಸಾಂದ್ರಗೊಳ್ಳುತ್ತದೆ, ಅಷ್ಟೆ.

ಅವಧಿಕ ಉಷ್ಣಾಂಶಕ್ಕಿಂತ ಹೆಚ್ಚಾದ ಉಷ್ಣಾಂಶದಲ್ಲಿ ಅನಿಲ-ದ್ರವಗಳ ಸಂಸ್ಪರ್ಶ ಮುಖ ಇರುವುದು ಸಾಧ್ಯವಿಲ್ಲ. ಯಾವ ಸಾಂದ್ರತೆಗೆ ಸಂಕುಚಿಸಿದರೂ, ಆಡುಬೆಣೆಯ ಕೆಳಗೆ ಸಮರೂಪದ ದ್ರವ್ಯವೇ ಇರುತ್ತದೆ ಮತ್ತು ಇದು ಯಾವಾಗ ಅನಿಲ ಮತ್ತು ಯಾವಾಗ ದ್ರವ ಎಂದು ಹೇಳುವುದು ಕಷ್ಟವಾಗುವುದು.

ಅವಧಿಕ ಬಿಂದುವಿನ ಅಸ್ತಿತ್ವವು ದ್ರವ ಮತ್ತು ಅನಿಲ ಸ್ಥಿತಿಗಳ ನಡುವೆ ತತ್ವಶಃ ಏನೂ ವ್ಯತ್ಯಾಸವಿಲ್ಲವೆನ್ನುವುದನ್ನು ತೋರಿಸುವುದು. ಮೊದಲ ನೋಟಕ್ಕೆ ಹೀಗೆ ತತ್ವಶಃ ವ್ಯತ್ಯಾಸವಿಲ್ಲದೆ ಇರುವುದು ಅವಧಿಕ ಉಷ್ಣಾಂಶಕ್ಕಿಂತ ಹೆಚ್ಚಾದ

ಉಷ್ಣಾಂಶಗಳಲ್ಲಿ ವ್ಯವಹರಿಸುವಾಗ ಮಾತ್ರ ಎಂದು ಕಾಣಬಹುದು. ಆದರೆ ಹಾಗಲ್ಲ. ಅವಧಿಕ ಬಿಂದುವಿನ ಇರುವಿಕೆ ಒಂದು ದ್ರವವನ್ನು, -ಒಂದು ನೈಜವಾದ ದ್ರವವನ್ನು, ಲೋಟದೊಳಕ್ಕೆ ಸುರಿಯಲಾಗುವಂತಹ ದ್ರವ – ಕುದಿಯುವ ಕಾರ್ಯ ಗತಿ ಇಲ್ಲದೆಯೇ ಅನಿಲರೂಪಕ್ಕೆ ಪರಿವರ್ತಿಸುವ ಸಾಧ್ಯತೆಯನ್ನು ಸೂಚಿಸುತ್ತದೆ.

ಇಂತಹ ಪರಿವರ್ತನೆಯ ಪಥವನ್ನು ಚಿತ್ರ 4.4ರಲ್ಲಿ ತೋರಿಸಿದೆ. ನಿರ್ವಿವಾದ ವಾದ ಒಂದು ದ್ರವವನ್ನು ಒಂದು ಕತ್ತರಿ ಚಿಹ್ನೆಯಿಂದ ಗುರ್ತಿಸಿದೆ. ಒತ್ತಡವನ್ನು ಸ್ವಲ್ಪ ಕಡಿಮೆ ಮಾಡಿದರೆ (ಬಾಣವು ಕೆಳಗಡೆಗೆ ಗುರಿಯಿಟ್ಟು) ಅದು ಕುದಿಯುತ್ತದೆ; ಉಷ್ಣಾಂಶವನ್ನು ಸ್ವಲ್ಪ ಹೆಚ್ಚಿಸಿದರೂ ಕೂಡ (ಬಾಣವು ಬಲಗಡೆಗೆ ಗುರಿಯಿಟ್ಟು) ಅದು ಕುದಿಯುವುದು. ಆದರೆ ಬೇರೆ ದಾರಿಯನ್ನು ಹಿಡಿಯೋಣ. ದ್ರವದ ಒತ್ತಡವು ಅವಧಿಕ ಒತ್ತಡಕ್ಕೆ ಹೆಚ್ಚಾಗಿರುವಷ್ಟು ಬಲವಾಗಿ ದ್ರವವನ್ನು ಸಂಕುಚಿ ಸೋಣ. ದ್ರವದ ಸ್ಥಿತಿಯನ್ನು ನಿರ್ದೇಶಿಸುವ ಬಿಂದುವು ಊರ್ಧ್ವವಾಗಿ ಮೇಲಕ್ಕೆ ಏಳುತ್ತದೆ. ಆಮೇಲೆ ದ್ರವವನ್ನು ಕಾಯಿಸೋಣ – ಈ ಕಾರ್ಯಗತಿಯನ್ನು ಕ್ಷಿತಿಜ ದಿಕ್ಕಿನ ಒಂದು ಸರಳರೇಖೆಯು ಪ್ರದರ್ಶಿಸುತ್ತದೆ. ಈಗ ಅವಧಿಕ ಉಷ್ಣಾಂಶವ ಬಲಗಡೆಗೆ ನಾವು ತಲಪಿದ ಮೇಲೆ, ಒತ್ತಡವನ್ನು ಅದರ ಪೂರ್ವದ ಪರಿಮಾಣಕ್ಕೆ ಇಳಿಸೋಣ. ಈಗ ಉಷ್ಣಾಂಶವನ್ನು ಕಡಿಮೆ ಮಾಡಿದರೆ, ಒಂದು ಅತ್ಯಂತ ನೈಜ ವಾದ ಬಾಷ್ಪವು ಲಭಿಸುತ್ತದೆ. ಇದನ್ನು ದ್ರವದಿಂದ ಇದಕ್ಕಿಂತ ಹೆಚ್ಚು ಸುಲಭವೂ ಮತ್ತು ಹ್ರಸ್ವವೂ ಆದ ಪಥದ ಅನುಸರಣೆಯಿಂದ ಪಡೆಯಬಹುದು.

ಆದ್ದರಿಂದ ಅವಧಿಕ ಬಿಂದುವನ್ನು ತಪ್ಪಿಸಿಕೊಳ್ಳುವಂತೆ ಒತ್ತಡ ಮತ್ತು ಉಷ್ಣಾಂಶವನ್ನು ಬದಲಾಯಿಸುವುದರಿಂದ ಒಂದು ಅವಿಚ್ಛಿನ್ನ ಪರಿವರ್ತನಾಕ್ರಮ ದಲ್ಲಿ ಒಂದು ದ್ರವದಿಂದ ಬಾಷ್ಪವನ್ನು ಯಾವಾಗಲೂ ಪಡೆಯಬಹುದು ಮತ್ತು ಇದರ ವಿಪರ್ಯಯವಾಗಿಯೂ ಮಾಡಬಹುದು. ಇಂತಹ ಅವಿಚ್ಛಿನ್ನ ಪರಿವರ್ತನೆಗೆ ಕುದಿತವಾಗಲಿ ಅಥವಾ ದ್ರವಣವಾಗಲಿ ಆವಶ್ಯಕವಿಲ್ಲ.

ಆಮ್ಲಜನಕ, ಸಾರಜನಕ ಮತ್ತು ಜಲಜನಕ ಇವುಗಳಂತಹ ಅನಿಲಗಳನ್ನು ದ್ರವವಾಗಿಸುವ ಮುಂಚಿನ ಪ್ರಯತ್ನಗಳು ಏಕೆ ಸಫಲವಾಗಲಿಲ್ಲವೆಂದರೆ. ಅವಧಿಕ ಬಿಂದುವಿನ ಅಸ್ತಿತ್ವದ ವಿಷಯವು ಆಗ ತಿಳಿದಿರಲಿಲ್ಲ. ಈ ಅನಿಲಗಳು ಬಹಳ

ಕೆಳಮಟ್ಟದ ಆವಧಿಕ ಉಷ್ಣಾಂಶಗಳನ್ನು ಹೊಂದಿವೆ : ಆಮ್ಲಜನಕಕ್ಕೆ —119 °C, ಸಾರಜನಕಕ್ಕೆ —147 °C ಮತ್ತು ಜಲಜನಕಕ್ಕೆ —240 °C ಅಥವಾ 33 K. ಇವರಲ್ಲಿ ಪರಮಾವಧಿ ಮಟ್ಟವನ್ನು ಹೊಂದಿರುವುದು ಹೀಲಿಯಂ, ಇದರ ಅವಧಿಕ ಉಷ್ಣಾಂಶವು 4.3 Kಗೆ ಸಮವಾಗಿರುವುದು. ಈ ಅನಿಲಗಳನ್ನು ದ್ರವಗಳಾಗಿ ಪರಿವರ್ತಿಸಲು ಒಂದೇ ಮಾರ್ಗ : ಅವುಗಳ ಉಷ್ಣಾಂಶಗಳನ್ನು ಮೇಲೆ ಸೂಚಿಸಿರುವ ಪರಿಮಾಣಗಳ ಕೆಳಗೆ ಇಳಿಸಬೇಕು.

## ತಗ್ಗಾದ ಉಷ್ಣಾಂಶಗಳನ್ನು ಪಡೆಯುವುದು

ಉಷ್ಣಾಂಶದ ಗಮನಾರ್ಹವಾದ ಇಳಿತವನ್ನು ವಿವಿಧ ರೀತಿಗಳಲ್ಲಿ ಸಾಧಿಸ ಬಹುದು. ಆದರೆ ಈ ಎಲ್ಲಾ ರೀತಿಗಳಲ್ಲಿಯೂ ಅಡಕವಾಗಿರುವ ಭಾವನೆಯು ಒಂದೇ ಒಂದು : ಕಾಯವು ತನ್ನ ಆಂತರಿಕ ಶಕ್ತಿಯನ್ನು ವೆಚ್ಚಮಾಡಿ ತಣ್ಣಗಾಗುವ ಹಾಗೆ ಬಲಾತ್ಕಾರ ಮಾಡಬೇಕು.

ಆದರೆ ಇದನ್ನು ಹೇಗೆ ಮಾಡಬಹುದು ? ಒಂದು ಮಾರ್ಗವೆಂದರೆ, ಹೊರ ಗಡೆಯಿಂದ ಉಷ್ಣವನ್ನು ಬಳಸದೆ, ದ್ರವವನ್ನು ಕುದಿಯುವಂತೆ ಮಾಡುವುದು. ನಾವು ಕಂಡಿರುವಂತೆ, ಇದಕ್ಕೋಸ್ಕರ ಒತ್ತಡವನ್ನು ಕಡಿಮೆಮಾಡಬೇಕು – ಬಾಷ್ಪ ಒತ್ತಡದ ಪರಿಮಾಣಕ್ಕೆ ಇಳಿಸಬೇಕು. ಕುದಿಯಲು ವೆಚ್ಚವಾಗುವ ಉಷ್ಣವು ದ್ರವ ದಿಂದ ತೆಗೆಯಲ್ಪಡುವುದು ಮತ್ತು ಇದರಿಂದ ದ್ರವ ಮತ್ತು ಬಾಷ್ಪಗಳ ಉಷ್ಣಾಂಶವು ಇಳಿಯುವುದು; ಆದ್ದರಿಂದ ಬಾಷ್ಪ ಒತ್ತಡವೂ ಇಳಿಯುವುದು. ಇದರಿಂದಾಗಿ, ಕುದಿಯುವುದು ನಿಲ್ಲದೆ ತೀವ್ರವಾಗಿ ಮುಂದುವರಿಯುವುದಕ್ಕಾಗಿ, ದ್ರವವಿರುವ ಪಾತ್ರೆಯಿಂದ ಗಾಳಿಯನ್ನು ಹೊರಕ್ಕೆ ಪಂಪ್‌ಮಾಡಿ ತೆಗೆಯುತ್ತಲೇ ಇರಬೇಕು.

ಆದರೆ ಈ ಕಾರ್ಯಕ್ರಮದಿಂದಾಗುವ ಉಷ್ಣಾಂಶದ ಇಳಿತವು ಒಂದು ಮಿತಿ ಯನ್ನು ತಲಪುತ್ತದೆ : ಕಟ್ಟಕಡೆಗೆ ಬಾಷ್ಪ ಒತ್ತಡವು ಲಕ್ಷ್ಯಕ್ಕೆ ಬಾರದಷ್ಟು ಕಡಿಮೆ ಯಾಗುತ್ತದೆ, ಮತ್ತು ಆಗ ಎಂತಹ ಶಕ್ತಿಯುತ ಪಂಪ್ ಆದರೂ ಅವಶ್ಯಕವಾದಷ್ಟು ಒತ್ತಡವನ್ನುಂಟುಮಾಡಲು ಅಶಕ್ತವಾಗುತ್ತದೆ.

ಉಷ್ಣಾಂಶವನ್ನು ಇನ್ನೂ ಕಡಿಮೆಮಾಡುತ್ತ ಹೋಗಲು, ಆಗಲೇ ಉಪಲಬ್ಧ

ವಾಗಿರುವ ದ್ರವದ ಸಹಾಯದಿಂದ ಒಂದು ಅನಿಲವನ್ನು ತಣ್ಣಗಾಗಿಸಿ ಅದನ್ನು ಇನ್ನೂ ತಗ್ಗಾದ ಕುದಿಕಾವಿರುವ ದ್ರವವಾಗಿ ಪರಿವರ್ತಿಸಬಹುದು. ಈಗ ಈ ಎರಡನೆಯ ಪದಾರ್ಥಕ್ಕೆ ಪಂಪ್ ಕಾರ್ಯಕ್ರಮವನ್ನು ಅನ್ವಯಿಸಬಹುದು ಮತ್ತು ಹೀಗೆ ಹೆಚ್ಚು ತಗ್ಗಾದ ಉಷ್ಣಾಂಶಗಳನ್ನು ಪಡೆಯಬಹುದು. ಅವಶ್ಯಕವಿದ್ದರೆ, ಈ ವಿಧದ ಸೋಪಾನಪಾತ ವಿಧಾನವನ್ನು ವಿಸ್ತರಿಸಬಹುದು.

ಕಳೆದ ಶತಮಾನದ ಅಂತ್ಯದಲ್ಲಿ ಈ ವಿಧದಲ್ಲಿಯೇ ಈ ಸಮಸ್ಯೆಯನ್ನು ಬಗೆಹರಿಸಲಾಯ್ತು, ಅನಿಲಗಳ ದ್ರವರೂಪ ಪರಿವರ್ತನೆಯನ್ನು ಹಂತ ಹಂತಗಳಲ್ಲಿ ನೆರವೇರಿಸಲಾಯ್ತು : ಕ್ರಮವಾಗಿ —103, —183, —196 ಮತ್ತು —253 °C ಕುದಿಕಾವುಗಳುಳ್ಳ ಇಥಲೀನ್, ಆಮ್ಲಜನಕ, ಸಾರಜನಕ ಮತ್ತು ಜಲಜನಕ ಇವುಗಳಲ್ಲಿ ಒಂದಾದ ಮೇಲೊಂದನ್ನು ದ್ರವವಾಗಿ ಪರಿವರ್ತಿಸಲಾಯ್ತು. ದ್ರವರೂಪದ ಜಲಜನಕ ಲಭ್ಯವಾಗಿದ್ದು, ಅತ್ಯಂತ ಕಡಿಮೆ ಕುದಿಯುವ ದ್ರವ-ಹೀಲಿಯಂ (—269 °C) ಅನ್ನು ಕೂಡ ಪಡೆದುಕೊಳ್ಳಬಹುದು. "ಎಡಗಡೆಯಲ್ಲಿರುವ" ನೆರೆಯ ಪದಾರ್ಥವು "ಬಲಗಡೆಯ" ನೆರೆಯದನ್ನು ಹೊಂದಲು ಸಹಾಯಮಾಡಿತು.

ತಣ್ಣಗಾಗಿಸುವುದಕ್ಕೆ ಸೋಪಾನಪಾತ ವಿಧಾನವು ಸುಮಾರು ನೂರು ವರ್ಷಗಳಷ್ಟು ಹಳೆಯದು. ಈ ರೀತಿಯಲ್ಲಿ ದ್ರವರೂಪದ ಗಾಳಿಯನ್ನು 1877ರಲ್ಲಿ ಪಡೆಯಲಾಯ್ತು. ದ್ರವರೂಪದ ಜಲಜನಕವನ್ನು 1884–1885ರಲ್ಲಿ ಮೊದಲು ಪಡೆಯಲಾಯ್ತು. ಕೊನೆಗೆ, ಇನ್ನೂ ಇಪ್ಪತ್ತು ವರ್ಷಗಳಾದ ಮೇಲೆ ಕೊನೆಯ ದುರ್ಗವನ್ನು ಜಯಿಸಲಾಯ್ತು : ಅತ್ಯಂತ ತಗ್ಗಾದ ಅವಧಿಕ ಉಷ್ಣಾಂಶವುಳ್ಳ ವಸ್ತುವಾದ ಹೀಲಿಯಂಅನ್ನು, ಹಾಲೆಂಡಿನ ಲೈಡನ್ ನಗರದಲ್ಲಿ ಹೈಕೆ ಕ್ಯಾಮರ್ಲಿಂಗ್ ಆನೆಸ್ (1853–1926) ಎಂಬಾತನು 1908ರಲ್ಲಿ ದ್ರವವಾಗಿಸಿದನು. ಈ ಮಹತ್ವಾದ ವೈಜ್ಞಾನಿಕ ಸಾಧನೆಯ 70ನೆಯ ವಾರ್ಷಿಕೋತ್ಸವವನ್ನು ವ್ಯಾಪಕವಾಗಿ ಆಚರಿಸಲಾಯ್ತು.

ಅನೇಕ ವರ್ಷಗಳವರೆಗೂ, ಲೈಡನ್ನಿನ ಪ್ರಯೋಗಶಾಲೆಯು "ತಗ್ಗು ಉಷ್ಣಾಂಶದ" ಏಕಮಾತ್ರ ಪ್ರಯೋಗಶಾಲೆಯಾಗಿದ್ದಿತು. ಆದರೆ ಈಗ ಅನೇಕ ದೇಶಗಳಲ್ಲಿ ಹಜಾರು ಇಂತಹ ಪ್ರಯೋಗಶಾಲೆಗಳಿವೆ. ಇವುಗಳಲ್ಲದೆ, ಯಾಂತ್ರಿಕ

ಉದ್ದೇಶಗಳಿಗಾಗಿ ದ್ರವರೂಪದ ಗಾಳಿ, ಸಾರಜನಕ, ಆಮ್ಲಜನಕ ಮತ್ತು ಹೀಲಿಯಂ ಇವುಗಳನ್ನು ತಯಾರಿಸುವ ಕಾರ್ಖಾನೆಗಳು ಬೇರೆ ಇವೆ.

ಕಡಿಮೆ ಉಷ್ಣಾಂಶಗಳನ್ನು ಪಡೆಯುವುದಕ್ಕಾಗಿ ಸೋಪಾನಪಾತ ವಿಧಾನವನ್ನು ಈಗ ಬಹಳ ಅಪರೂಪವಾಗಿ ಉಪಯೋಗಿಸುವರು. ಉಷ್ಣಾಂಶಗಳನ್ನು ಇಳಿಸುವ ಯಾಂತ್ರಿಕ ವ್ಯವಸ್ಥೆಗಳಲ್ಲಿ, ಒಂದು ಅನಿಲದ ಆಂತರಿಕ ಶಕ್ತಿಯನ್ನು ಕಡಿಮೆಮಾಡುವುದಕ್ಕಾಗಿ ಬೇರೊಂದು ಸಾಧನವನ್ನು ಉಪಯೋಗಿಸುವರು : ಬಲಪ್ರಯೋಗದಿಂದ ಅನಿಲವು ಶೀಘ್ರಗತಿಯಲ್ಲಿ ವಿಸ್ತರ ಹೊಂದಿ, ತನ್ನ ಆಂತರಿಕ ಶಕ್ತಿಯ ವ್ಯಯದಿಂದ ಕ್ರಿಯೆ ನೆರವೇರಿಸುವಂತೆ ಮಾಡುವುದು.

ದೃಷ್ಟಾಂತಕ್ಕೆ, ಗಾಳಿಯನ್ನು ಹಲವು ವಾಯುಮಂಡಲಗಳಷ್ಟು ಸಂಕೋಚಿಸಿದರೆ ಮತ್ತು ಕೂಡಲೇ ವಿಸ್ತರಿಸಿದರೆ, ಆಗ ಒಂದು ಆಡುಬೆಣೆಯನ್ನು ತಳ್ಳುವುದು ಅಥವಾ ನಿರ್ಗಾಲಿಯನ್ನು ತಿರುಗಿಸುವುದು–ಇಂತಹ ಕಾರ್ಯವನ್ನು ಮಾಡಿದರೆ, ಅದು ಹೆಚ್ಚು ಶೀಘ್ರವಾಗಿ ತಣ್ಣಗಾಗಿ, ದ್ರವವಾಗುವುದು. ಒಂದು ವರ್ತುಲ ನಾಳಿಯ ಮೂಲಕ ಕಾರ್ಬನ್ ಡೈಯಾಕ್ಸೈಡನ್ನು ವೇಗದಿಂದ ಹೊರಗೆ ಹೋಗಲು ಬಿಟ್ಟರೆ, ಅದು ಅತ್ಯಂತ ತೀವ್ರವಾಗಿ ತಣ್ಣಗಾಗಿ, ಗಾಳಿಯಲ್ಲಿ "ಮಂಜುಗಡ್ಡೆ"ಯಾಗಿ ಪರಿವರ್ತಿತವಾಗುತ್ತದೆ.

ದ್ರವರೂಪದ ಅನಿಲಗಳು ಔದ್ಯೋಗಿಕ ವಿಜ್ಞಾನದಲ್ಲಿ ಹೇರಳವಾಗಿ ಉಪಯೋಗಕ್ಕೆ ಬರುವುವು. ದ್ರವರೂಪದ ಆಮ್ಲಜನಕವನ್ನು ಸಿಡಿಮದ್ದುಗಳಲ್ಲಿಯೂ ಮತ್ತು ಜೆಟ್ ಎಂಜಿನ್ನುಗಳ ಇಂಧನ ಮಿಶ್ರಣಗಳ ಒಂದು ಅಂಗವಾಗಿಯೂ ಉಪಯೋಗಿಸುವರು.

ಗಾಳಿಯಲ್ಲಿನ ಅನಿಲಗಳನ್ನು ಬೇರ್ಪಡಿಸುವ ಯಂತ್ರಕಲಾ ವಿಧಾನದಲ್ಲಿ ಗಾಳಿಯ ದ್ರವೀಕರಣವನ್ನು ಉಪಯೋಗಿಸುವರು.

ದ್ರವರೂಪದ ಗಾಳಿಯ ಉಷ್ಣಾಂಶವು ಯಂತ್ರಕಲಾ ವಿಧಾನದ ಅನೇಕ ಶಾಖೆಗಳಲ್ಲಿ ವಿಶೇಷವಾಗಿ ಉಪಯೋಗಿಸಲ್ಪಡುತ್ತದೆ. ಆದಾಗ್ಯೂ ಅನೇಕ ಭೌತಿಕ ಸಂಶೋಧನೆಗಳಿಗೆ ಈ ಉಷ್ಣಾಂಶವು ಸಾಕಷ್ಟು ಕೆಳಮಟ್ಟದ್ದಾಗಿರುವುದಿಲ್ಲ. ಸಂಬಂಧಪಟ್ಟ ಉಷ್ಣಾಂಶಗಳನ್ನು ಸೆಂಟಿಗ್ರೇಡ್ ಮಾನಪಟ್ಟಿಯಲ್ಲಿ ಅವುಗಳ ಮೌಲ್ಯಗಳನ್ನು

ಕೆಲ್ವಿನ್ ಮಾನಪಟ್ಟಿಗೆ ಮಾರ್ಪಡಿಸಿದರೆ, ದ್ರವರೂಪದ ಗಾಳಿಯ ಉಷ್ಣಾಂಶವು ಕೊಠಡಿಯ ಉಷ್ಣಾಂಶದ ಸುಮಾರು ಮೂರನೇ ಒಂದು ಭಾಗದಷ್ಟು ಇರುವುದಾಗಿ ಕಂಡುಬರುವುದು. ಭೌತವಿಜ್ಞಾನಕ್ಕೆ ಇದಕ್ಕಿಂತ ಹೆಚ್ಚು ಸ್ವಾರಸ್ಯಕರವಾದ ಉಷ್ಣಾಂಶಗಳೆಂದರೆ "ಜಲಜನಕ" ಉಷ್ಣಾಂಶಗಳು, ಅಂದರೆ 14–20 K ಮಟ್ಟದ ಉಷ್ಣಾಂಶಗಳು ಮತ್ತು ಅದರಲ್ಲಿಯೂ "ಹೀಲಿಯಂ" ಉಷ್ಣಾಂಶಗಳು. ದ್ರವರೂಪದ ಹೀಲಿಯಂಅನ್ನು ಪಂಪ್ ಮಾಡುವುದರ ಮೂಲಕ ತಲಪಿರುವ ಅತಿ ಕನಿಷ್ಠಮಟ್ಟದ ಉಷ್ಣಾಂಶವು 0.7 K.

ಭೌತವಿಜ್ಞಾನಿಗಳು ಪರಮ ಶೂನ್ಯಕ್ಕೆ ಇನ್ನೂ ಬಹಳ ಸಮೀಪಕ್ಕೆ ಬರುವುದರಲ್ಲಿ ಯಶಸ್ವಿಯಾಗಿರುವರು. ಪ್ರಸಕ್ತ ಸಮಯದಲ್ಲಿ, ಪರಮ ಶೂನ್ಯಕ್ಕಿಂತ ಒಂದು ಡಿಗ್ರಿಯ ಹಲವು ಸಾವಿರದ ಒಂದು ಪಾಲಿನಷ್ಟೇ ಹೆಚ್ಚಿರುವ ಉಷ್ಣಾಂಶಗಳು ಲಭ್ಯವಾಗಿವೆ. ಆದರೆ ಇಂತಹ ಅತಿ ಕನಿಷ್ಠಮಟ್ಟದ ಉಷ್ಣಾಂಶಗಳನ್ನು ಪಡೆಯುವ ವಿಧಾನಗಳು ಮೇಲೆ ನಿರೂಪಿಸಲಾಗಿರುವುವುಗಳನ್ನು ಹೋಲುವುದಿಲ್ಲ.

ಇತ್ತೀಚಿನ ವರ್ಷಗಳಲ್ಲಿ, ಕನಿಷ್ಠಮಟ್ಟದ ಉಷ್ಣಾಂಶಗಳ ಭೌತವಿಜ್ಞಾನವಾದ ನಿಮ್ನ ಉಷ್ಣಾಂಶ ಕಲೆಯಿಂದ ಕೈಗಾರಿಕೆಯ ಹೊಸ ಶಾಖೆಯೊಂದು ಸ್ಥಾಪಿತವಾಗಿದೆ. ಈ ಶಾಖೆಯು ದೊಡ್ಡ ಗಾತ್ರವುಳ್ಳ ವಸ್ತುಗಳನ್ನೂ ಮತ್ತು ಉದ್ದವಾದ ವಾಹಕಗಳನ್ನೂ ಪರಮ ಶೂನ್ಯಕ್ಕೆ ಅತಿ ಸಮೀಪದ ಉಷ್ಣಾಂಶಗಳಲ್ಲಿರುವಂತೆ ಮಾಡಲು ಸಹಾಯಕವಾಗುವ ಸಲಕರಣೆಗಳ ತಯಾರಿಕೆಯಲ್ಲಿ ತೊಡಗಿದೆ.

## ಅತಿ ಶೀತಿತ ಬಾಷ್ಪಗಳು ಮತ್ತು ಅತಿ ತಪ್ತ ದ್ರವಗಳು

ಕುದಿಕಾವಿನಲ್ಲಿ ಸಾಗುವಾಗ, ಬಾಷ್ಪವು ದ್ರವವಾಗಿ ಪರಿವರ್ತಿತವಾಗಬೇಕು. ಆದರೆ, ಬಾಷ್ಪವು ಬಹಳ ಶುದ್ಧವಾಗಿದ್ದು ಮತ್ತು ಒಂದು ದ್ರವದೊಡನೆ ಸಂಪರ್ಕ ಹೊಂದದೆ ಇದ್ದರೆ, ಅದನ್ನು ಒಂದು ಅತಿ ಶೀತಿತ ಅಥವಾ ಅತಿ ಸಂತೃಪ್ತ ಬಾಷ್ಪ ರೂಪದಲ್ಲಿ ಪಡೆಯಬಹುದು – ಈ ಬಾಷ್ಪವು ಬಹಳ ಹಿಂದೆಯೇ ದ್ರವವಾಗಬೇಕಾಗಿದ್ದಿತು.

ಅತಿ ಸಂತೃಪ್ತವಾದ ಒಂದು ಬಾಷ್ಪವು ಬಹಳ ಅಸ್ಥಿರತೆಯ ಸ್ಥಿತಿಯಲ್ಲಿರು

ವುದು. ಅನೇಕ ವೇಳೆ ಬಾಷ್ಪವಿರುವ ಪಾತ್ರೆಯನ್ನು ಅಲುಗಾಡಿಸಿದರಾಗಲಿ ಅಥವಾ ಒಂದೆರಡು ಕಣಗಳನ್ನು ಅದರೊಳಗೆ ಹಾಕಿದ ಮಾತ್ರಕ್ಕೆ ತಡವಾದ ದ್ರವೀಕರಣವು ಕೂಡಲೇ ಪ್ರಾರಂಭವಾಗಲು ಸಾಕು.

ಆವಿಯ ಅಣುಗಳನ್ನು ದ್ರವಪಡಿಸುವುದು ಸಣ್ಣ ಅನ್ಯಜಾತಿಯ ಕಣಗಳನ್ನು ಒಳಕ್ಕೆ ಸೇರಿಸುವುದರಿಂದ ಬಹಳಮಟ್ಟಿಗೆ ಸುಲಭವಾಗುವುದೆಂಬುದು ಅನುಭವದಿಂದ ತಿಳಿದು ಬಂದ ವಿಷಯ. ಧೂಳು ಬೆರೆತಿರುವ ಗಾಳಿಯಲ್ಲಿ ನೀರಿನ ಬಾಷ್ಪದ ಅತಿ ಸಂತೃಪ್ತತೆಯು ಏರ್ಪಡುವುದಿಲ್ಲ. ಹೊಗೆಯ ಊದಿಕೆಯಿಂದ ದ್ರವೀಕರಣವನ್ನು ಉಂಟುಮಾಡಬಹುದು, ಏಕೆಂದರೆ ಹೊಗೆಯು ಅತಿ ಸಣ್ಣ ಪ್ರಮಾಣದ ಗಟ್ಟಿ ಕಣಗಳಿಂದ ಕೂಡಿದೆ. ಈ ಕಣಗಳು ಆವಿಯನ್ನು ಪ್ರವೇಶಿಸಿದಾಗ, ಅವುಗಳು ತಮ್ಮ ಸುತ್ತಲೂ ಅಣುಗಳನ್ನು ಒಟ್ಟುಗೂಡಿಸಿಕೊಳ್ಳುತ್ತವೆ ಮತ್ತು ದ್ರವೀಕರಣದ ಕೇಂದ್ರಗಳಾಗಿ ಪರಿಣಮಿಸುತ್ತವೆ.

ಹೀಗಾಗಿ, ಬಾಷ್ಪವು ಅಸ್ಥಿರವಾದರೂ, ದ್ರವರೂಪ "ಜೀವನ"ಕ್ಕೆ ಸೂಕ್ತವಾದ ಉಷ್ಣಾಂಶಗಳ ಕ್ಷೇತ್ರಗಳಲ್ಲಿ ಉಳಿದಿರಲು ಸಾಧ್ಯ.

ಹಾಗಾದರೆ, ಅದೇ ಪರಿಸ್ಥಿತಿಗಳಲ್ಲಿ ಒಂದು ದ್ರವವು ಬಾಷ್ಪದ ಕ್ಷೇತ್ರದಲ್ಲಿ "ಜೀವಿಸಿರಲು" ಸಾಧ್ಯವೇ ? ಅಂದರೆ ಒಂದು ದ್ರವವನ್ನು ಅತಿ ತಪ್ತವಾಗಿ ಮಾಡಲು ಸಾಧ್ಯವೇ ?

ಇದು ಸಾಧ್ಯವೆಂದು ತಿಳಿದುಬರುವುದು. ಇದಕ್ಕಾಗಿ ದ್ರವದ ಅಣುಗಳು ಅದರ ಮೇಲ್ಮೈಯನ್ನು ಬಿಟ್ಟುಹೋಗುವುದನ್ನು ತಪ್ಪಿಸುವುದು ಅವಶ್ಯಕ. ಇದನ್ನು ಸಾಧಿಸಲು ಆಮೂಲಾಗ್ರವಾದ ಒಂದು ಸಾಧನವೆಂದರೆ ದ್ರವದ ತೆರೆದ ಮೇಲ್ಮೈಯನ್ನು ನಾಶಪಡಿಸುವುದು, ಅಂದರೆ ಅದನ್ನು ಎಲ್ಲಾ ಕಡೆಯಿಂದಲೂ ಒತ್ತುವ ಗಟ್ಟಿ ಗೋಡೆಗಳಿರುವ ಪಾತ್ರೆಯಲ್ಲಿ ದ್ರವವನ್ನು ಇಡುವುದು. ಈ ರೀತಿಯಲ್ಲಿ ದ್ರವಗಳನ್ನು ಹಲವಾರು ಡಿಗ್ರಿಗಳಷ್ಟು ಅತಿ ತಪ್ತವಾಗುವಂತೆ ಮಾಡಲಾಗಿದೆ, ಅಂದರೆ ದ್ರವದ ಸ್ಥಿತಿಯನ್ನು ನಿರ್ದೇಶಿಸುವ ಬಿಂದುವನ್ನು ಅದರ ಕುದಿಕಾವು ರೇಖೆಯ ಬಲಗಡೆಗೆ ಚಲಿಸುವಂತೆ ಮಾಡಲು ಸಾಧ್ಯ (ಚಿತ್ರ 4.4ನ್ನು ನೋಡಿ).

ಒಂದು ದ್ರವವನ್ನು ಅತಿ ತಪ್ತಮಾಡುವುದು ಅದನ್ನು ಬಾಷ್ಪದ ಕ್ಷೇತ್ರಕ್ಕೆ

ಸ್ಥಳಾಂತರ ಮಾಡುವಿಕೆ; ಆದ್ದರಿಂದ ಒಂದು ದ್ರವವನ್ನು ಅತಿ ತಪ್ತಮಾಡುವುದನ್ನು ಉಷ್ಣವನ್ನು ಒದಗಿಸುವುದರಿಂದಲೇ ಅಲ್ಲದೆ ಒತ್ತಡವನ್ನು ಇಳಿಸುವುದರಿಂದಲೂ ಸಾಧಿಸಬಹುದು.

ಮೊದಲನೆಯ ವಿಧಾನದ ಬಳಕೆಯಿಂದ ಒಂದು ವಿಸ್ಮಯಕರವಾದ ಫಲಿತಾಂಶ ವನ್ನು ಪಡೆಯಬಹುದು. ವಿಲೀನವಾದ ಅನಿಲಗಳಿಂದ ಪೂರ್ತಿಯಾಗಿ ಬೇರ್ಪಡಿಸಿದ –ಇದನ್ನು ಮಾಡುವುದು ಸುಲಭವಲ್ಲ – ನೀರು ಅಥವಾ ಬೇರೆ ಯಾವುದೇ ದ್ರವ ವನ್ನು, ದ್ರವದ ಮೇಲ್ಮೈಯನ್ನು ಮುಟ್ಟುವ ಆಡುಬೆಣೆಯುಳ್ಳ ಒಂದು ಪಾತ್ರೆಯಲ್ಲಿ ಇಡಬೇಕು. ಪಾತ್ರೆಯೂ ಮತ್ತು ಆಡುಬೆಣೆಯೂ ದ್ರವದಿಂದ ಒದ್ದೆಯಾಗಿರಬೇಕು. ಈಗ ಆಡುಬೆಣೆಯನ್ನು ನಮ್ಮ ಕಡೆಗೆ ಎಳೆದರೆ, ಆಡುಬೆಣೆಯ ತಳಕ್ಕೆ ಅಂಟಿಕೊಂಡಿರುವ ನೀರು ಅದರ ಜೊತೆಯಲ್ಲಿಯೇ ಚಲಿಸುತ್ತದೆ. ಆದರೆ ಆಡುಬೆಣೆಗೆ ಅಂಟಿಕೊಂಡಿರುವ ನೀರಿನ ಪದರವು ಅದರ ಕೆಳಗಿನ ನೀರಿನ ಪದರವನ್ನು ತನ್ನ ಜೊತೆಗೆ ಎಳೆಯುತ್ತದೆ, ಈ ಪದರವು ಅದರ ಕೆಳಗಿನ ಪದರವನ್ನು ಎಳೆಯುತ್ತದೆ. ಇದರ ಫಲವಾಗಿ, ದ್ರವವು ಹಿಗ್ಗುತ್ತದೆ.

ನೀರಿನ ಸ್ತಂಭವು ಕಟ್ಟಕಡೆಗೆ ಒಡೆಯುತ್ತದೆ (ಸ್ತಂಭವು ಒಡೆಯುವುದೇ ವಿನಹ ನೀರು ಆಡುಬೆಣೆಯನ್ನು ಬಿಡುವುದಿಲ್ಲ), ಆದರೆ ಇದು ಸಂಭವಿಸುವುದು ಕ್ಷೇತ್ರಫಲದ ಒಂದು ಏಕಮಾನದ ಮೇಲಿನ ಬಲವು ಹತ್ತು ಕಿಲೋಗ್ರಾಂಗಳಷ್ಟಾದಾಗ, ಅಂದರೆ ಹತ್ತಾರು ವಾಯುಮಂಡಲಗಳಷ್ಟರ ಋಣ ಒತ್ತಡವು ನೀರಿನಲ್ಲಿ ಉಂಟಾಗುವುದು.

ಒಂದು ಪದಾರ್ಥದ ಬಾಷ್ಪ ರೂಪದ ಸ್ಥಿತಿಯು ಸಣ್ಣ ಪ್ರಮಾಣದ ಧನ ಒತ್ತಡಗಳಲ್ಲಿಯೂ ಸ್ಥಿರವಾಗಿರುವುದು. ಮತ್ತು ಒಂದು ದ್ರವವು ಋಣ ಒತ್ತಡ ವನ್ನು ಹೊಂದಿರುವಂತೆ ಮಾಡಬಹುದು. "ಅತಿ ತಪ್ತತೆ"ಗೆ ಇದಕ್ಕಿಂತ ಹೆಚ್ಚು ಗಮನ ಸೆಳೆಯುವ ಉದಾಹರಣೆಯನ್ನು ಯೋಚಿಸಲಾರಿರಿ.

## ಕರಗಿಸುವುದು

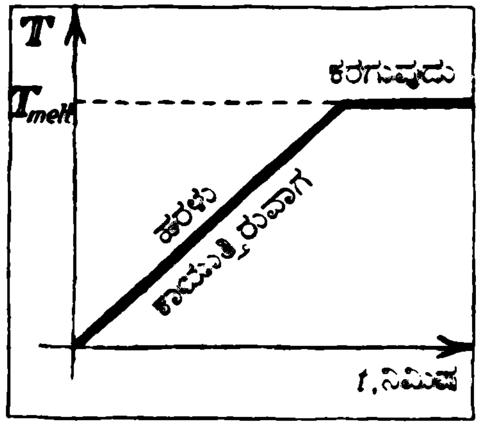
ಉಷ್ಣಾಂಶವು ಒಂದೇ ಸಮನೆ ಹೆಚ್ಚುತ್ತಲೇ ಇದ್ದರೆ, ಅದನ್ನು ತಡೆಯಬಲ್ಲ ಘನ ಪದಾರ್ಥವು ಯಾವುದೂ ಇಲ್ಲ. ಶೀಘ್ರವಾಗಿಯೋ ಅಥವಾ ತಡವಾಗಿಯೋ,

ಕೊನೆಗೆ ಆ ಗಟ್ಟಿ ತುಂಡು ದ್ರವವಾಗಿ ಪರಿವರ್ತಿತವಾಗುತ್ತದೆ; ಕೆಲವು ಸಂದರ್ಭ ಗಳಲ್ಲಿ ಈ ಕರಗುವ ಬಿಂದುವನ್ನು ಮುಟ್ಟುವುದು ಆಗುವುದಿಲ್ಲವೆಂಬುದೇನೋ ನಿಜ– ಅಷ್ಟರೊಳಗೆ ಒಂದು ರಾಸಾಯನಿಕ ಅಪಘಟನ ಉಂಟಾಗಬಹುದು.

ಉಷ್ಣಾಂಶವು ಹೆಚ್ಚಾದಂತೆಲ್ಲಾ ಅಣುಗಳು ಹೆಚ್ಚು ತೀವ್ರತೆಯಿಂದ ಚಲಿಸು ತ್ತವೆ. ಕೊನೆಗೆ, ಹುಚ್ಚು ಹುಚ್ಚಾಗಿ "ತೂಗಾಡುತ್ತಿರುವ" ಅಣುಗಳ ಮಧ್ಯೆ ಯಾವುದೇ ವ್ಯವಸ್ಥಿತವಾದ ಸ್ಥಿತಿ ಏರ್ಪಡಲು ಸಾಧ್ಯವಿಲ್ಲದ ಸಮಯ ಬರುವುದು. ಗಟ್ಟಿ ಕಾಯವು ಕರಗುವುದು. ಟಂಗ್‌ಸ್ಟನ್ ಎಂಬುದು ಎಲ್ಲಕ್ಕಿಂತ ಹೆಚ್ಚಾದ ಕರಗುವ ಬಿಂದುವನ್ನು ಹೊಂದಿರುವುದು : 3380 °C. ಕಬ್ಬಿಣವು 1539 °C ಯಲ್ಲಿ ಕರಗುವುದು, ಚಿನ್ನ 1063 °Cಯಲ್ಲಿ. ಪ್ರಾಸಂಗಿಕವಾಗಿ, ಸುಲಭವಾಗಿ ಕರಗುವ ಲೋಹಗಳೂ ಇವೆ. ಪಾದರಸವು —39 °Cಯಲ್ಲಿಯೂ ಕರಗುತ್ತ ದೆಂಬುದು ಸಾಮಾನ್ಯವಾಗಿ ಚೆನ್ನಾಗಿ ತಿಳಿದ ವಿಷಯ. ಇಂಗಾಲ ಸಂಯುಕ್ತ ವಸ್ತು ಗಳು ಹೆಚ್ಚು ಮಟ್ಟದ ಕರಗುವ ಬಿಂದುಗಳನ್ನು ಹೊಂದಿರುವುದಿಲ್ಲ. ನ್ಯಾಫ್ತಲಿನ್ 80 °Cಯಲ್ಲಿ ಕರಗುತ್ತದೆ, ಟಾಲ್ವೀನ್ —94.5 °Cಯಲ್ಲಿ.

ಒಂದು ಕಾಯದ ಕರಗುವ ಬಿಂದುವನ್ನು ಅಳತೆ ಮಾಡಿ ಕಂಡು ಹಿಡಿಯುವುದು ಏನೂ ಕಷ್ಟವಾದುದಲ್ಲ, ಅದರಲ್ಲಿಯೂ ಅದು ಒಂದು ಸಾಧಾರಣ ಶಾಖಮಾಪಕ ದಿಂದ ಅಳತೆ ಮಾಡಬಹುದಾದ ಉಷ್ಣಾಂಶಗಳ ಅಂತರದಲ್ಲಿ ಕರಗಿದರೆ. ಕರಗು ತ್ತಿರುವ ಕಾಯದ ಮೇಲೆ ಗಮನವಿಟ್ಟೇ ಇರಬೇಕಾದುದಿಲ್ಲ. ಶಾಖಮಾಪಕದಲ್ಲಿನ ಪಾದರಸ ಸ್ತಂಭದ ಕಡೆಗೆ ನೋಡುವುದು ಸಾಕು. ಕಾಯದ ಉಷ್ಣಾಂಶವು ಅದು ಕರಗಲು ಆರಂಭವಾಗುವವರೆಗೂ ಹೆಚ್ಚುತ್ತದೆ (ಚಿತ್ರ 4.5). ಕರಗುವುದು ಪ್ರಾರಂಭವಾದ ಕೂಡಲೆ, ಉಷ್ಣಾಂಶವು ಹೆಚ್ಚುವುದು ನಿಲ್ಲುತ್ತದೆ ಮತ್ತು ಕರಗು ವುದು ಸಂಪೂರ್ಣವಾಗುವವರೆಗೂ ಉಷ್ಣಾಂಶವು ಅವ್ಯತ್ಯಸವಾಗಿರುತ್ತದೆ.

ಒಂದು ದ್ರವವು ಬಾಷ್ಪದ ಪರಿವರ್ತನೆಯಲ್ಲಿರುವಂತೆಯೇ, ಒಂದು ಗಟ್ಟಿ ಪದಾರ್ಥವನ್ನು ದ್ರವವಾಗಿ ಪರಿವರ್ತಿಸುವುದಕ್ಕೆ ಉಷ್ಣವು ಅವಶ್ಯಕ. ಇದಕ್ಕೆ ಖರ್ಚಾಗುವನ್ನು ಉಷ್ಣದ ಮೊತ್ತಕ್ಕೆ ಕರಗುವಿಕೆಯ ಸುಪ್ತೋಷ್ಣ ಎಂದು ಹೆಸರು.




ಚಿತ್ರ 4.5

ಉದಾಹರಣೆಗೆ, ಒಂದು ಕಿಲೋಗ್ರಾಂ ಮಂಜುಗಡ್ಡೆಯನ್ನು ಕರಗಿಸಲು 80 kcal (ಕಿ.ಕ್ಯಾ)ಗಳು ಬೇಕಾಗುತ್ತದೆ.

ಹೆಚ್ಚು ಪ್ರಮಾಣದ ಕರಗುವಿಕೆಯ ಸುಪ್ತೋಷ್ಣವನ್ನು ಪಡೆದಿರುವ ವಸ್ತುಗಳಲ್ಲಿ ಮಂಜುಗಡ್ಡೆಯು ಒಂದು. ದೃಷ್ಟಾಂತಕ್ಕೆ, ಮಂಜುಗಡ್ಡೆಯನ್ನು ಕರಗಿಸುವುದಕ್ಕೆ ಅದೇ ದ್ರವ್ಯಾಂಶದಷ್ಟು ಸೀಸವನ್ನು ಕರಗಿಸುವುದಕ್ಕೆ ಬೇಕಾಗುವುದಕ್ಕಿಂತ ಹತ್ತರಷ್ಟು ಶಕ್ತಿಯು ಬೇಕಾಗುವುದು. ಅಂದರೆ, ಇಲ್ಲಿ ನಾವು ಹೇಳುತ್ತಿರುವುದು ಸರಿಯಾದ ಕರಗುವಿಕೆಯ ವಿಚಾರ; ಸೀಸವು ಕರಗಲು ಆರಂಭಿಸುವುದಕ್ಕೆ ಮುಂಚೆ ಅದನ್ನು + 327 °C ಮಟ್ಟಕ್ಕೆ ಬಿಸಿಮಾಡಬೇಕೆಂಬ ವಿಷಯವನ್ನು ವಿಚಾರಮಾಡುತ್ತಿಲ್ಲ. ಮಂಜುಗಡ್ಡೆಯ ಹೆಚ್ಚು ಪ್ರಮಾಣದ ಕರಗುವಿಕೆಯ ಸುಪ್ತೋಷ್ಣದ ಫಲವಾಗಿ, ಹಿಮಗಡ್ಡೆಯು ಕರಗುವುದು ಸಾವಕಾಶವಾಗುವುದು. ಅದರ ಕರಗುವಿಕೆಯ ಉಷ್ಣವು ಹತ್ತರಷ್ಟು ಕಡಿಮೆಯಾಗಿದೆ ಎಂದು ಊಹಿಸಿಕೊಳ್ಳಿರಿ. ಆಗ ಪ್ರತಿ ವರ್ಷವೂ ವಸಂತಕಾಲದಲ್ಲಿ ಹಿಮದ ಕರಗುವಿಕೆಯಿಂದಾಗಿ ಊಹಿಸಲಾಗದಷ್ಟು ಅಪಘಾತಗಳು ಸಂಭವಿಸುವುವು.

ಹೀಗೆ, ಮಂಜುಗಡ್ಡೆಯ ಕರಗುವಿಕೆಯ ಉಷ್ಣವು ದೊಡ್ಡ ಪ್ರಮಾಣದ್ದು. ಆದರೆ ಅದನ್ನು ಬಾಷ್ಪೀಕರಣದ ಉಷ್ಣ 540 kcal/kg (ಕಿ.ಕ್ಯಾ ಕಿ.ಗ್ರಾಂ)–ದ ಜೊತೆಗೆ ಹೋಲಿಸಿದರೆ ಅದು ಸಣ್ಣ ಪ್ರಮಾಣದ್ದೇ (ಸುಮಾರು ಏಳರಷ್ಟು ಸಣ್ಣದು).

ಈ ವ್ಯತ್ಯಾಸವು ಸಂಪೂರ್ಣವಾಗಿ ಸ್ವಾಭಾವಿಕವಾದುದೇ. ಒಂದು ದ್ರವವನ್ನು ಬಾಷ್ಪವಾಗಿ ಮಾರ್ಪಡಿಸಲು ನಾವು ಅದರ ಅಣುಗಳನ್ನು ಒಂದರಿಂದೊಂದನ್ನು ಎಳೆದು ಹರಿಯಬೇಕು, ಆದರೆ ಒಂದು ಗಟ್ಟಿ ಪದಾರ್ಥವನ್ನು ಕರಗಿಸಲು, ಅದರ ಅಣುಗಳ ವ್ಯವಸ್ಥಿತ ಸ್ಥಿತಿಯನ್ನು ನಾಶಪಡಿಸಬೇಕು ಅಷ್ಟೆ, ಮತ್ತು ಅವುಗಳು ಸುಮಾರು ಅಷ್ಟೇ ಪರಸ್ಪರ ದೂರಗಳಲ್ಲಿಯೇ ಇರುತ್ತವೆ. ಇದರಿಂದಾಗಿ ಈ ಎರಡ ನೆಯ ಸಂದರ್ಭದಲ್ಲಿ ಕಡಿಮೆ ಪ್ರಮಾಣದ ಶಕ್ತಿಯು ಬೇಕಾಗುವುದೆಂಬುದು ಸ್ಪಷ್ಟ.

ನಿರ್ದಿಷ್ಟವಾದ ಒಂದು ಕರಗುವ ಬಿಂದುವನ್ನು ಹೊಂದಿರುವುದು ಸ್ಫಟಿಕೀಯ ಪದಾರ್ಥಗಳ ಒಂದು ಮುಖ್ಯ ಲಕ್ಷಣ. ಈ ಗುಣದ ಆಧಾರದ ಮೇಲೆಯೇ ಅವು ಗಳನ್ನು ಅಸ್ಫಟಿಕ ಪದಾರ್ಥಗಳು ಅಥವಾ ಗಾಜುಗಳಿಂದ ಬೇರೆಯಾಗಿ ಸುಲಭವಾಗಿ ಗುರ್ತಿಸಬಹುದು. ಗಾಜುಗಳು ಇಂಗಾಲ ಸಂಯುಕ್ತ ಪದಾರ್ಥಗಳಲ್ಲಿಯೇ ಅಲ್ಲದೆ ಅಜೈವಿಕ ಪದಾರ್ಥಗಳಲ್ಲಿಯೂ ಸಿಕ್ಕುತ್ತವೆ. ಕಿಟಕಿಯ ಗಾಜು ವಾಡಿಕೆಯಾಗಿ ಸೋಡಿಯಂ ಮತ್ತು ಕ್ಯಾಲ್ಸಿಯಂ ಸಿಲಿಕೇಟ್‌ಗಳಿಂದ ತಯಾರಿಸಲ್ಪಡುವುದು; ಅನೇಕ ವೇಳೆ ಇಂಗಾಲ ಸಂಯುಕ್ತ ಗಾಜನ್ನು (ಅದಕ್ಕೆ ಪ್ಲೆಕ್ಸಿಗ್ಲಾಸ್ ಎಂದು ಹೆಸರು) ಮೇಜಿನ ಮೇಲೆ ಹಾಕಲಾಗುವುದು.

ಹರಳುಗಳಿಗೆ ವಿರೋಧ ರೀತಿಯಲ್ಲಿ, ಅಸ್ಫಟಿಕ ವಸ್ತುಗಳು ಒಂದು ನಿರ್ದಿಷ್ಟ ವಾದ ಕರಗುವ ಬಿಂದುವನ್ನು ಹೊಂದಿರುವುದಿಲ್ಲ. ಗಾಜು ಕರಗುವುದಿಲ್ಲ, ಮೆತ್ತ ಗಾಗುವುದು. ಕಾಯಿಸಿದಾಗ, ಗಟ್ಟಿಯಾದ ಗಾಜಿನ ಚೂರು, ಮೆತ್ತಗಾಗುವುದು, ಇದ ರಿಂದ ಅದನ್ನು ಸುಲಭವಾಗಿ ಬಗ್ಗಿಸಬಹುದು ಅಥವಾ ಎಳೆದು ಉದ್ದಮಾಡಬಹುದು; ತನ್ನ ಸ್ವಂತ ಭಾರದ ಕಾರಣದಿಂದಲೇ ಹೆಚ್ಚು ಮಟ್ಟದ ಉಷ್ಣಾಂಶದಲ್ಲಿ ಅದು ತನ್ನ ಆಕಾರವನ್ನು ಬದಲಾಯಿಸಲು ಆರಂಭಿಸುವುದು. ಇನ್ನೂ ಹೆಚ್ಚು ಕಾಯಿಸಿದಾಗ, ದಟ್ಟವಾದ ಮತ್ತು ಜಿಗುಟಾದ ಗಾಜಿನ ಮುದ್ದೆಯು ಅದು ತಾನಿರುವ ಪಾತ್ರೆಯ ಆಕಾರವನ್ನು ತಾಳುತ್ತದೆ. ಈ ಮುದ್ದೆಯು ಮೊಟ್ಟಮೊದಲಿಗೆ ಜೇನುತುಪ್ಪದಷ್ಟು ಗಟ್ಟಿಯಾಗಿರುತ್ತದೆ, ಆಮೇಲೆ ಮಜ್ಜಿಗೆಯಷ್ಟು ಮತ್ತು ಕೊನೆಗೆ ಕಡಿಮೆ ಶ್ಯಾನತೆ ಯುಳ್ಳ ನೀರಿನಂತಹ ದ್ರವವಾಗುತ್ತದೆ. ನಾವು ಎಷ್ಟೇ ಸಾಹಸಪಟ್ಟರೂ, ಗಟ್ಟಿ ಪದಾರ್ಥವು ದ್ರವರೂಪಕ್ಕೆ ಮಾರ್ಪಟ್ಟ ಒಂದು ನಿಷ್ಕೃಷ್ಟ ಉಷ್ಣಾಂಶವನ್ನು ಗುರ್ತಿ

ಸಲು ಸಾಧ್ಯವಿಲ್ಲ. ಇದಕ್ಕೆ ಕಾರಣವೇನೆಂದರೆ ಗಾಜಿನ ಮತ್ತು ಸ್ಫಟಿಕೀಯ ಕಾಯಗಳ ರಚನಾಕ್ರಮಗಳ ತೀವ್ರ ವ್ಯತ್ಯಾಸಗಳು. ಮೇಲೆ ಹೇಳಿದಂತೆ, ಅಸ್ಫಟಿಕ ಕಾಯ ಗಳಲ್ಲಿ ಪರಮಾಣುಗಳು ಅವ್ಯವಸ್ಥಿತವಾಗಿ ಹಂಚಲ್ಪಟ್ಟಿರುವುವು. ಇದರಿಂದಾಗಿ. ಗಾಜಿನ ಉಷ್ಣಾಂಶವು ಹೆಚ್ಚುವುದರ ಪರಿಣಾಮವಾಗಿ ಅದರ ಅಣುಗಳ ಆಂದೋಲನ ಗಳ ವೈಶಾಲ್ಯವು ಹೆಚ್ಚುವುದು ಅಷ್ಟೇ, ಮತ್ತು ಕ್ರಮೇಣ ಅವುಗಳ ಚಲನೆಗೆ ಹೆಚ್ಚು ಹೆಚ್ಚು ಅವಕಾಶವೇರ್ಪಡುತ್ತದೆ. ಆದ್ದರಿಂದ ಗಾಜು ಕ್ರಮಕ್ರಮವಾಗಿ ಮೆತ್ತಗಾಗು ತ್ತದೆ ಮತ್ತು "ಗಟ್ಟಿ ಪದಾರ್ಥ"ದಿಂದ "ದ್ರವ"ವಾಗಿ ಹಠಾತ್ತಾಗಿ ಮಾರ್ಪಡುವು ದಿಲ್ಲ; ಇದು ಅಣುಗಳು ನಿಖರವಾದ ವ್ಯವಸ್ಥಿತ ಹಂಚಿಕೆಯಿಂದ ಅವ್ಯವಸ್ಥಿತ ಹಂಚಿಕೆಗೆ ಪರಿವರ್ತನೆಯನ್ನೇ ನಿರ್ದೇಶಿಸುವ ಲಕ್ಷಣ.

ಕುದಿಕಾವಿನ ರೇಖೆಯನ್ನು ಚರ್ಚಿಸುವಾಗ, ಒಂದು ದ್ರವ ಮತ್ತು ಒಂದು ಬಾಷ್ಪ ಇವು ಒಟ್ಟಿಗೆ ಇರುವುದು – ಆದರೆ ಅಸ್ಥಿರಸ್ಥಿತಿಯಲ್ಲಿ ಮಾತ್ರ – ಅನ್ಯಪ್ರದೇಶ ಗಳಲ್ಲಿ ಎಂದು ಹೇಳಿದೆವು. ಒಂದು ಬಾಷ್ಪವನ್ನು ಅತಿ ಶೀತಪಡಿಸಿ ಮತ್ತು ಕುದಿ ಕಾವಿನ ರೇಖೆಯ ಎಡಗಡೆಗೆ ದೂಡಬಹುದು, ಅದೇ ಮೇರೆಗೆ, ಒಂದು ದ್ರವವನ್ನು ಅತಿ ತಪ್ತಮಾಡಿ ಕುದಿಕಾವಿನ ರೇಖೆಯ ಬಲಗಡೆಗೆ ಎಳೆಯಬಹುದು.

ಈ ತರಹದ ಸಂಭವಗಳು ಒಂದು ಹರಳು ಮತ್ತು ಒಂದು ದ್ರವದ ಸಂಬಂಧ ದಲ್ಲಿಯೂ ಸಾಧ್ಯವೇ ? ಇಂತಹ ಸಾದೃಶ್ಯವು ಅಪೂರ್ಣವೆಂದು ತಿಳಿದು ಬರುವುದು.

ಒಂದು ಹರಳನ್ನು ಕಾಯಿಸಿದರೆ, ಅದು ತನ್ನ ಕರಗುವ ಬಿಂದುವಿನಲ್ಲಿ ಕರಗಲು ಆರಂಭಿಸುವುದು. ಹರಳನ್ನು ಅತಿತಪ್ತಮಾಡುವುದರಲ್ಲಿ ನಾವು ಸಫಲರಾಗುವುದಿಲ್ಲ. ಇದಕ್ಕೆ ಪ್ರತಿಯಾಗಿ, ಒಂದು ದ್ರವವನ್ನು ತಂಪುಗೊಳಿಸುವುದರಲ್ಲಿ, ನಾವು ಕೆಲವು ಮುಂಜಾಗ್ರತೆಯ ಕ್ರಮಗಳನ್ನು ಕೈಗೊಂಡರೆ ಸುಲಭವಾಗಿ ಕರಗುವ ಬಿಂದುವಿ ನಿಂದಾಚೆ "ಜಾರಿಕೊಳ್ಳಬಹುದು." ಕೆಲವು ದ್ರವಗಳನ್ನು ಬಹಳ ಹೆಚ್ಚು ಪ್ರಮಾಣ ದಲ್ಲಿ ಅತಿಶೀತಪಡಿಸಬಹುದು. ಸುಲಭವಾಗಿ ಅತಿ ಶೀತಪಡಿಸಲಾಗುವ ದ್ರವಗಳೂ ಇರುತ್ತವೆ, ಆದರೆ ಅವುಗಳನ್ನು ಸ್ಫಟಿಕ ರೂಪಕ್ಕೆ ತರುವುದು ಕಷ್ಟ. ಇಂತಹ ದ್ರವವನ್ನು ತಂಪುಮಾಡಿದಾಗ, ಅದು ಹೆಚ್ಚು ಹೆಚ್ಚು ಶ್ಯಾನವಾಗುತ್ತದೆ ಮತ್ತು ಕೊನೆಗೆ ಹರಳಾಗದೆ ಗಟ್ಟಿಯಾಗುವುದು. ಗಾಜು ಹೀಗೆ ಇರುವುದು.

ನೀರನ್ನು ಅತಿ ಶೀತಪಡಿಸಲು ಸಾಧ್ಯ. ಅತಿ ದುಸ್ಸಹವಾದ ಘನಿ ಹಿಮಪಾತದಲ್ಲಿ ಕೂಡ ಇಬ್ಬನಿಯ ಹನಿಗಳು ಘನೀಭವಿಸದೇ ಇರಬಹುದು. ಒಂದು ಪದಾರ್ಥದ ಹರಳನ್ನು ಅತಿ ಶೀತಪಡಿಸಿದ ದ್ರವದೊಳಗೆ ಹಾಕಿದರೆ, ಆಗ ಸ್ಫಟಿಕೀಕರಣವು **ಕೂಡಲೇ ಆರಂಭವಾಗುವುದು.**

ಕೊನೆಯದಾಗಿ, ಅನೇಕ ಸಂದರ್ಭಗಳಲ್ಲಿ ಸಾವಕಾಶವಾದ ಸ್ಫಟಿಕೀಕರಣವು ಅಲುಗಾಡಿಸುವುದರಿಂದಾಗಲಿ ಅಥವಾ ಇತರ ಅನಿರ್ದಿಷ್ಟ ಸಂಭವಗಳಿಂದ ಆರಂಭ ವಾಗಬಹುದು. ಉದಾಹರಣೆಗೆ, ಸ್ಫಟಿಕೀಯ ಗ್ಲಿಸರೀನನ್ನು ಮೊದಲು ರೈಲಿನಲ್ಲಿ ಸಾಗಿಸುವಾಗ ಪಡೆಯಲಾಯಿತೆಂಬುದು ತಿಳಿದಿರುವ ವಿಷಯವೇ. ಬಹಳ ಕಾಲ ನಿಶ್ಚಲವಾಗಿದ್ದಮೇಲೆ ಗಾಜು ಸ್ಫಟಿಕೀಯವಾಗಿ ಮಾರ್ಪಾಡಾಗಲು ಆರಂಭಿಸಬಹುದು.

## ಹರಳನ್ನು ಬೆಳೆಸುವುದು ಹೇಗೆ

ಹಲವು ನಿರ್ದಿಷ್ಟ ಪರಿಸ್ಥಿತಿಗಳಲ್ಲಿ, ಯಾವ ಪದಾರ್ಥದಿಂದಲಾದರೂ ಹರಳು ಗಳನ್ನು ಬೆಳೆಸಬಹುದು. ಗೊತ್ತಾದ ಒಂದು ಪದಾರ್ಥದ ದ್ರಾವಣ ಅಥವಾ ಕರಗಿಸಿದ ಒಂದು ಮೊತ್ತದಿಂದಲೇ ಅಲ್ಲದೆ ಅದರ ಬಾಷ್ಪದಿಂದಲೂ ಹರಳುಗಳನ್ನು ತಯಾರಿಸಬಹುದು (ಉದಾಹರಣೆಗೆ, ಅಯೋಡಿನಿನ ಕಪ್ಪಾದ ರ್‍ಹಾಂಬಿಕ್ ಹರಳು ಗಳು. ಅಯೋಡಿನ್ ಬಾಷ್ಪದಿಂದ ಪ್ರಮಾಣಭೂತ ಒತ್ತಡದಲ್ಲಿ ಅದು ದ್ರವ ರೂಪಕ್ಕೆ ಪರಿವರ್ತಿತವಾಗದೆಯೇ ಸುಲಭವಾಗಿ ಉಂಟಾಗುತ್ತವೆ).

ಸಾಮಾನ್ಯವಾದ ಉಪ್ಪು ಅಥವಾ ಸಕ್ಕರೆಯನ್ನು ನೀರಿನಲ್ಲಿ ಕರಗಿಸಲು ಆರಂಭಿಸಿ. ಕೊಠಡಿಯ ಉಷ್ಣಾಂಶ(20 °C)ದಲ್ಲಿ ಒಂದು ದಪ್ಪನಾದ (ಸುಮಾರು 200 ಗ್ರಾಂ.ಗಳಷ್ಟು ನೀರನ್ನು ಹಿಡಿಸುವ) ಲೋಟದಲ್ಲಿ 70 ಗ್ರಾಂ.ಗಳಷ್ಟು ಉಪ್ಪನ್ನು ಕರಗಿಸಬಹುದು. ಇನ್ನೂ ಉಪ್ಪು ಸೇರಿಸುತ್ತಾ ಹೋದರೆ ಅದು ಕರಗು ವುದಿಲ್ಲ. ಆದರೆ ತಳದಲ್ಲಿ ಶೇಷವಾಗಿ ತಂಗುತ್ತದೆ. ಇನ್ನೂ ಹೆಚ್ಚು ವಿಲೇಯ ವಸ್ತು ವನ್ನು ಲಯಪಡಿಸಿಕೊಳ್ಳಲಾರದ ಒಂದು ದ್ರಾವಣವು ನಿರ್ದಿಷ್ಟವಾದ ಪದಾರ್ಥ ದಿಂದ ಸಂತೃಪ್ತವಾಗಿದೆಯೆಂದು ಹೇಳಲಾಗುವುದು. ಉಷ್ಣಾಂಶವನ್ನು ಬದಲಾಯಿಸಿ ದರೆ, ದ್ರಾವಕದಲ್ಲಿ ವಿಲೇಯದ ಲೀನತೆಯೂ ಬದಲಾಗುತ್ತದೆ. ಬಿಸಿನೀರು ತಣ್ಣೀರಿ

ಗಿಂತ ಹೆಚ್ಚು ಸುಲಭವಾಗಿ ಅನೇಕ ಪದಾರ್ಥಗಳನ್ನು ವಿಲೀನಮಾಡಿಕೊಳ್ಳುವುದೆಂಬುದು ಎಲ್ಲರಿಗೂ ತಿಳಿದಿದೆ.

30 °C ಉಷ್ಣಾಂಶವಿರುವ ಒಂದು ಸಂತೃಪ್ತ ದ್ರಾವಣವನ್ನು– ಸಕ್ಕರೆಯದು ಎಂದು ಇಟ್ಟುಕೊಳ್ಳಿ – ತಯಾರಿಸಿರುವಿರಿ ಎಂದು ಭಾವಿಸಿಕೊಳ್ಳಿ ಮತ್ತು ಅದನ್ನು 20 °Cಗೆ ತಂಪುಮಾಡಿ. 30 °Cಯಲ್ಲಿ 100 ಗ್ರಾಂ ನೀರಿನಲ್ಲಿ 223 ಗ್ರಾಂ ಸಕ್ಕರೆಯನ್ನು ವಿಲೀನಮಾಡಬಹುದು, ಮತ್ತು 20 °Cಯಲ್ಲಿ 205 ಗ್ರಾಂ ಮಾತ್ರ. ಆಗ, 30 ರಿಂದ 20 °Cಗೆ ತಂಪುಮಾಡುವುದರಲ್ಲಿ 18 ಗ್ರಾಂ ಸಕ್ಕರೆಯು "ಮಿತಿಮೀರಿದೆ" ಎಂದು ಗೊತ್ತಾಗುವುದು ಮತ್ತು ದ್ರಾವಣದಿಂದ ಪ್ರಕ್ಷೇಪವಾಗುವುದು (ಹೀಗೆ ಹೇಳಲಾಗುವುದು). ಆದ್ದರಿಂದ ಹರಳುಗಳನ್ನು ಹೊಂದಲು ಒಂದು ಸಂತೃಪ್ತ ದ್ರಾವಣವನ್ನು ತಂಪುಗೊಳಿಸುವುದು ಒಂದು ದಾರಿ.

ಇದನ್ನೇ ಬೇರೆ ವಿಧದಲ್ಲಿ ಸಾಧಿಸಬಹುದು. ಉಪ್ಪಿನ ಸಂತೃಪ್ತ ದ್ರಾವಣ ಒಂದನ್ನು ತಯಾರಿಸಿ, ಅದನ್ನು ಒಂದು ತೆರೆದ ಲೋಟದಲ್ಲಿ ಹಾಕಿ ಇಟ್ಟಿರಿ. ಸ್ವಲ್ಪ ಕಾಲವಾದ ನಂತರ ತಳದಲ್ಲಿ ಉಪ್ಪಿನ ಹರಳುಗಳನ್ನು ಕಾಣುವಿರಿ. ಇವು ಹೇಗೆ ಉಂಟಾದವು ? ಲೋಟವನ್ನು ಪುನಃ ಹೆಚ್ಚು ಗಮನವಿಟ್ಟು ಪರೀಕ್ಷಿಸಿರಿ. ಆಗ ಹರಳುಗಳು ಕಾಣಿಸಿಕೊಳ್ಳುವುದರ ಜೊತೆಗೆ ಮತ್ತೊಂದು ವ್ಯತ್ಯಾಸವು ಸಂಭವಿಸಿರುವುದನ್ನು ನೋಡುವಿರಿ. ಈಗ ನೀರು ಕಡಿಮೆಯಾಗಿದೆ. ನೀರು ಆವಿಯಾಯಿತು ಮತ್ತು ದ್ರಾವಣದಲ್ಲಿ "ಮಿತಿಮೀರಿದ" ಪದಾರ್ಥವು ಉಳಿಯಿತು. ಹೀಗಾಗಿ ಹರಳುಗಳ ತಯಾರಿಕೆಗೆ ಮತ್ತೊಂದು ಮಾರ್ಗವೆಂದರೆ ದ್ರಾವಣವನ್ನು ಬಾಷ್ಪೀಕರಿಸುವುದು.

ದ್ರಾವಣದಿಂದ ಹರಳುಗಳು ಹೇಗೆ ಉಂಟಾಗುತ್ತವೆ ?

ದ್ರಾವಣದಿಂದ ಹರಳುಗಳು ಪ್ರಕ್ಷೇಪವಾಗುವುವು ಎಂದು ಹೇಳಿದ್ದೇವೆ. ಹಾಗಾದರೆ, ಒಂದು ವಾರ ಪೂರ್ತಿ ಹರಳುಗಳು ಉಂಟಾಗಲಿಲ್ಲ ಮತ್ತು ಹಠಾತ್ತಾಗಿ ಇಂದ್ರಜಾಲದಿಂದಲೋ ಎಂಬಂತೆ, ಅವು ಕಾಣಿಸಿಕೊಂಡವೆ ? ಇಲ್ಲ, ಹಾಗಲ್ಲ: ಹರಳುಗಳು ಬೆಳೆದು ದೊಡ್ಡವಾಗುತ್ತವೆ. ಬೆಳವಣಿಗೆಯ ಮೊದಲ ಕ್ಷಣವನ್ನು ಬರಿಯ ಕಣ್ಣಿನಿಂದ ಕಾಣಲಾಗುವುದಿಲ್ಲ. ಮೊಟ್ಟಮೊದಲಿಗೆ, ಅವ್ಯಕ್ತ ಬಿಳಿ

ಯಲ್ಲಿರುವ ಹಲವು ಅಣುಗಳು ಅಥವಾ ಪರಮಾಣುಗಳು ಹರಳಿನ ಜಾಲಕ ಕಟ್ಟು ಪ್ರವಕ್ಕೆ ಅವಶ್ಯಕವಾದ ಕ್ರಮದಲ್ಲಿ ಆಕಸ್ಮಾತ್ತಾಗಿ ಒಟ್ಟುಗೂಡುತ್ತವೆ. ಪರಮಾಣು ಗಳ ಅಥವಾ ಅಣುಗಳ ಇಂತಹ ಗುಂಪಿಗೆ **ಬೀಜ** ಎಂದು ಹೆಸರು.

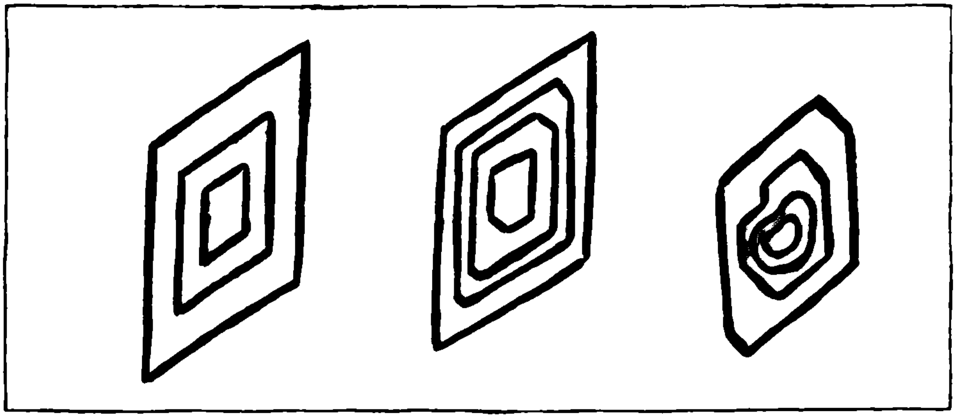
ದ್ರವಣದಲ್ಲಿ ಒಂದು ಅನ್ಯಜಾತಿಯ ವಸ್ತುವಿನ ಅತಿ ಸೂಕ್ಷ್ಮವಾದ ಕಣಗಳು, ಧೂಳಿನ ಕಣಗಳು ಇದ್ದರೆ ಬೀಜಗಳು, ಹೆಚ್ಚು ಸುಲಭವಾಗಿ ಉಂಟಾಗುವುವು ಎಂದು ಪ್ರಯೋಗಗಳಿಂದ ತಿಳಿದುಬರುತ್ತದೆ. ಸಂತೃಪ್ತ ದ್ರಾವಣದಲ್ಲಿ ಸೂಕ್ಷ್ಮವಾದ ಹರಳು ಬೀಜವನ್ನು ಹಾಕಿದರೆ ಸ್ಫಟಿಕೀಕರಣವು ಅತಿ ತೀವ್ರಗತಿಯಿಂದ ಮತ್ತು ಅತ್ಯಂತ ಸುಲಭವಾಗಿ ಮುಂದುವರಿಯುವುದು. ದ್ರಾವಣದಿಂದ ಘನ ಪದಾರ್ಥದ ಪ್ರಕ್ಷೇಪವು ಈ ಬೀಜ ಹರಳಿನ ಬೆಳವಣಿಗೆಯೇ ವಿನಾ ಹೊಸ ಹರಳುಗಳ ಆವಿರ್ಭಾವ ವಲ್ಲ.

ಬೀಜದ ಬೆಳವಣಿಗೆಯು, ಹರಳು ಬೀಜದ ಬೆಳವಣಿಗೆಯಿಂದ ಬೇರೆಯಾಗಿಲ್ಲ. ಹರಳು ಬೀಜವನ್ನು ಉಪಯೋಗಿಸುವುದರ ಅನುಕೂಲವೇನೆಂದರೆ, ಅದು ದ್ರಾವಣ ದಿಂದ ಬೇರ್ಪಟ್ಟು ಬರುವ ಪದಾರ್ಥವನ್ನು ತನ್ನ ಕಡೆಗೆ "ಎಳೆದುಕೊಳ್ಳುತ್ತದೆ", ಹೀಗಾಗಿ ಹೆಚ್ಚು ಸಂಖ್ಯೆಯಲ್ಲಿ ಬೀಜಗಳು ಉಂಟಾಗುವುದನ್ನು ತಡೆಯುತ್ತದೆ. ಹೆಚ್ಚು ಸಂಖ್ಯೆಯಲ್ಲಿ ಬೀಜಗಳು ಒಂದೇ ಕಾಲದಲ್ಲಿ ಉಂಟಾದರೆ, ಅವುಗಳು ತಮ್ಮ ಬೆಳವಣಿಗೆಗೆ ಪರಸ್ಪರ ಅಡಚಣೆ ಒಡ್ಡುತ್ತವೆ ಮತ್ತು ದೊಡ್ಡ ಹರಳುಗಳಾಗುವುದಿಲ್ಲ.

ದ್ರಾವಣದಿಂದ ಬೇರೆಯಾಗುವ ಹೊಸ ಪರಮಾಣುಗಳು ಅಥವಾ ಅಣುಗಳು ಬೀಜದ ಮೇಲ್ಮೈಯಲ್ಲಿ ಹೇಗೆ ಹೊಂದಿಕೊಳ್ಳುತ್ತವೆ ?

ಬೀಜ ಅಥವಾ ಹರಳು ಬೀಜದ ಬೆಳವಣಿಗೆಯು ಅದರ ಮುಖಗಳು ಪ್ರತಿ ಮುಖಕ್ಕೂ ಲಂಬವಾಗಿ ತಮ್ಮ ಆರಂಭದ ಸ್ಥಿತಿಗೆ ಸಮಾಂತರವಾಗಿರುತ್ತಾ ಚಲಿಸು ವುದೇ ಆಗಿರುತ್ತದೆ (ಹರಳು ವೃದ್ಧಿಹೊಂದುವ ಹಾಗೆ ಕಾಣುವುದು). ಸಹಜವಾಗಿಯೇ ಮುಖಗಳ ನಡುವಿನ ಕೋನಗಳು ಅವ್ಯತ್ಯಸ್ತವಾಗಿರುತ್ತವೆ. (ಈ ಕೋನಗಳ ಅವ್ಯತ್ಯಸ್ತತೆಯು ಹರಳುಗಳ ಒಂದು ಮುಖ್ಯ ಲಕ್ಷಣ ಮತ್ತು ಇದು ಅವುಗಳ ಜಾಲಕ ರಚನೆಯಿಂದಾಗುತ್ತದೆ ಎಂದು ನಾವು ಆಗಲೇ ನೋಡಿದ್ದೇವೆ).

ಒಂದೇ ಪದಾರ್ಥದ ಮೂರು ಬೇರೆ ಬೇರೆ ಹರಳುಗಳ ಬೆಳವಣಿಗೆಯಲ್ಲಿ



**ಚಿತ್ರ 4.6**

ಕ್ರಮವಾಗಿ ಒಂದಾದ ಮೇಲೊಂದು ಬರುವ ರೂಪರೇಖೆಗಳನ್ನು ಚಿತ್ರ 4.6ರಲ್ಲಿ ತೋರಿಸಿದೆ. ಇದೇ ತರಹದ ಚಿತ್ರಗಳನ್ನು ಸೂಕ್ಷ್ಮದರ್ಶಕದಲ್ಲಿಯೂ ನೋಡಬಹುದು. ಎಡಭಾಗದಲ್ಲಿ ತೋರಿಸಿರುವ ಹರಳಿನಲ್ಲಿ ಮುಖಗಳ ಸಂಖ್ಯೆಯು ಬೆಳವಣಿಗೆಯ ಕಾಲದಲ್ಲಿ ಅವ್ಯತ್ಯಸ್ತವಾಗಿರುತ್ತದೆ. ಬೆಳವಣಿಗೆಯ ಕಾಲದಲ್ಲಿ ಹೇಗೆ ಒಂದು ಹೊಸ ಮುಖವು (ಬಲಗಡೆ ಮೇಲ್ಭಾಗದಲ್ಲಿ) ರೂಪುಗೊಂಡು ಆಮೇಲೆ ಕಾಣದಾಗುವುದು ಎಂಬುದಕ್ಕೆ ಮಧ್ಯದಲ್ಲಿ ತೋರಿಸಿರುವ ಹರಳು ಒಂದು ದೃಷ್ಟಾಂತ.

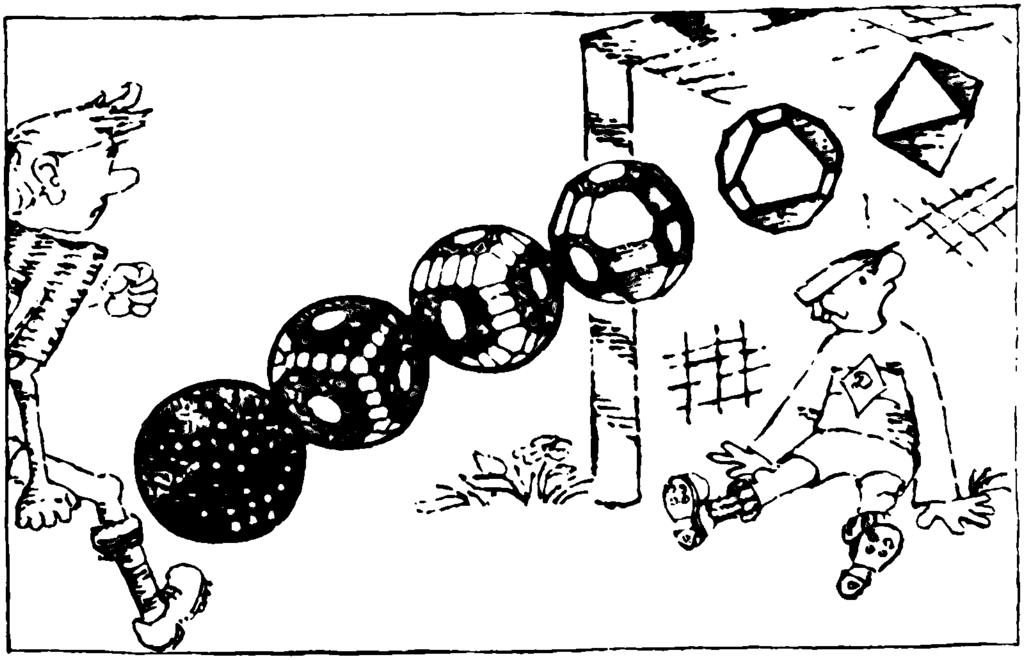
ಮುಖಗಳು ಬೆಳೆಯುವ ಪ್ರಮಾಣವು, ಅಂದರೆ ಮುಖಗಳು ತಮ್ಮ ಆರಂಭದ ಸ್ಥಾನಗಳಿಗೆ ಸಮಾಂತರವಾಗಿರುತ್ತಾ ಚಲಿಸುವಂತೆ ಕಾಣುವ ವೇಗವು, ವಿವಿಧ ಮುಖಗಳಿಗೆ ಒಂದೇ ಆಗಿರುವುದಿಲ್ಲ ಎಂಬುದನ್ನು ಗಮನಿಸುವುದು ಮುಖ್ಯ. ಇದೂ ಅಲ್ಲದೆ ಎಲ್ಲಕ್ಕಿಂತ ಅತಿ ಶೀಘ್ರವಾಗಿ ಬೆಳೆಯುವ ಮುಖಗಳೇ, ಉದಾಹರಣೆಗೆ ಮಧ್ಯ ಹರಳಿನ ಕೆಳಗಿನ ಎಡಭಾಗದ ಮುಖ, ಅದೃಶ್ಯವಾಗುವ ಮುಖಗಳೆಂದು ಗೊತ್ತಾಗುವುದು. ಇದಕ್ಕೆ ಪ್ರತಿಯಾಗಿ, ಅತ್ಯಂತ ನಿಧಾನವಾಗಿ ಬೆಳೆಯುವ ಮುಖಗಳು ಎಲ್ಲಕ್ಕಿಂತ ಅಗಲವಾದ, ಅಂದರೆ ಅತ್ಯಂತ ಚೆನ್ನಾಗಿ ಬೆಳೆದವುಗಳಾಗುತ್ತವೆ. ಪೂರ್ತಿಯಾಗಿ ಬೆಳೆದ ಒಂದು ಹರಳು ಯಾವಾಗಲೂ ಅತ್ಯಂತ ನಿಧಾನವಾಗಿ ಬೆಳೆಯುವ ಮುಖಗಳನ್ನು ಎಲ್ಲೆಗಳಾಗಿ ಹೊಂದಿರುತ್ತದೆ ಎಂಬುವ ನಿಯಮವಿದೆ.

ಇದು ಚಿತ್ರ 4.6ರಲ್ಲಿನ ಬಲಗಡೆಯ ದೃಷ್ಟಾಂತದಿಂದ ಸ್ಪಷ್ಟಪಡುತ್ತದೆ. ಇಲ್ಲಿ ಆಕಾರವಿಲ್ಲದ ಒಂದು ಚೂರು ಇತರ ಹರಳುಗಳ ಆಕಾರವನ್ನೇ ಪಡೆಯುವುದಕ್ಕೆ ಬೆಳವಣಿಗೆಯ ಪ್ರಮಾಣಗಳ ವಿಷಮ ದೈಶಿಕತ್ವವೇ ಕಾರಣ. ಹಲವು ನಿರ್ದಿಷ್ಟ ಮುಖಗಳು ಇತರ ಮುಖಗಳ ಬೆಳವಣಿಗೆಗೆ ವಿರುದ್ಧವಾಗಿ ಹೆಚ್ಚು ಹೆಚ್ಚು ಬಲವಾಗಿ ಬೆಳೆಯುತ್ತವೆ. ಮತ್ತು ಈ ಪದಾರ್ಥದ ಎಲ್ಲಾ ಮಾದರಿಗಳಲ್ಲಿಯೂ ಇರುವ ಆಕಾರವನ್ನು ಹರಳಿಗೆ ಕೊಡುತ್ತವೆ.

ಒಂದು ಗೋಳವನ್ನು ಹರಳು ಬೀಜವನ್ನಾಗಿ ತೆಗೆದುಕೊಂಡು ದ್ರಾವಣವನ್ನು ಪರ್ಯಾಯ ಕ್ರಮದಲ್ಲಿ ಸ್ವಲ್ಪ ತಂಪು ಮಾಡುತ್ತಲೂ ಮತ್ತು ಸ್ವಲ್ಪ ಬಿಸಿ ಮಾಡುತ್ತಲೂ ಇದ್ದರೆ ಬಹಳ ಅಂದವಾದ ಮಧ್ಯವರ್ತಿ ಆಕಾರಗಳನ್ನು ಕಾಣಬಹುದು. ಬಿಸಿ ಮಾಡಿದಾಗ ದ್ರಾವಣವು ಅಸಂತೃಪ್ತವಾಗುತ್ತದೆ ಮತ್ತು ಹರಳು ಬೀಜ ಸ್ವಲ್ಪ ಮಟ್ಟಿಗೆ ಕರಗುತ್ತದೆ. ತಂಪು ಮಾಡುವುದರಿಂದ ದ್ರಾವಣದ ಸಂತೃಪ್ತತೆಯೂ ಮತ್ತು ಹರಳು ಬೀಜದ ಬೆಳವಣಿಗೆಯೂ ಉಂಟಾಗುವುದು. ಆದರೆ ಅಣುಗಳು ಕರಗುವುದಕ್ಕೆ ಮೊದಲಿದ್ದದ್ದಕ್ಕಿಂತ ಬೇರೆ ವಿಧದಲ್ಲಿ ಕೂಡಿಕೊಳ್ಳುತ್ತವೆ, ಹಲವು ಪ್ರದೇಶಗಳಿಗೆ ಹೆಚ್ಚು ಪ್ರಾಧಾನ್ಯ ಕೊಟ್ಟಂತೆ ಕಾಣುವುದು. ಇದರಿಂದ ಪದಾರ್ಥವು ಗೋಳದ ಹಲವು ಭಾಗಗಳಿಂದ ಇತರ ಭಾಗಗಳಿಗೆ ಸಾಗಲ್ಪಡುವುದು.

ಮೊದಲಿಗೆ ಗೋಳದ ಮೇಲ್ಮೈಯಲ್ಲಿ ಸಣ್ಣ ವೃತ್ತಾಕಾರದ ಮುಖಗಳು ಕಾಣಬರುತ್ತವೆ. ಈ ವೃತ್ತಗಳು ಕ್ರಮೇಣ ಪ್ರಮಾಣದಲ್ಲಿ ಹೆಚ್ಚುತ್ತವೆ, ಮತ್ತು ಒಂದಸ್ನೊಂದು ಮುಟ್ಟಿ ಸರಳರೇಖೀಯ ಅಂಚಿನಲ್ಲಿ ಸೇರಿಕೊಳ್ಳುತ್ತವೆ. ಗೋಳವು ಒಂದು ಬಹುಮುಖ ಘನಾಕೃತಿಯಾಗಿ ಮಾರ್ಪಡುತ್ತದೆ. ಆಮೇಲೆ ಕೆಲವು ಮುಖಗಳು ತಮ್ಮ ಬೆಳವಣಿಗೆಯಲ್ಲಿ ಇತರ ಮುಖಗಳನ್ನು ಮೀರುತ್ತವೆ, ಮುಖಗಳ ಒಂದು ಭಾಗವು ಚಿಕ್ಕ ಚಿಕ್ಕದಾಗುತ್ತ ಹೋಗಿ ಕಣ್ಮರೆಯಾಗುತ್ತದೆ. ಕೊನೆಗೆ ಹರಳು ತನ್ನದೇ ವಿಶಿಷ್ಟ ಆಕಾರವನ್ನು ಹೊಂದುತ್ತದೆ (ಚಿತ್ರ 4.7).

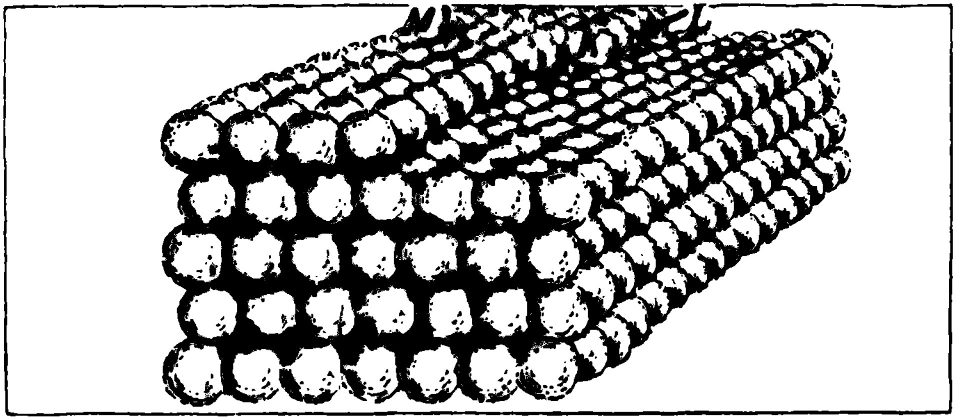
ಹರಳಿನ ಬೆಳವಣಿಗೆಯನ್ನು ಪರೀಕ್ಷಿಸುವಾಗ, ಅದರ ಒಂದು ವೈಲಕ್ಷಣ್ಯವು ನಮ್ಮನ್ನು ವಿಸ್ಮಯಗೊಳಿಸಬಹುದು – ಮುಖಗಳ ಸಮಾಂತರ ಚಲನೆಯ ತೋರಿಕೆ. ಇದರ ಅರ್ಥವೇನೆಂದರೆ ದ್ರಾವಣದಿಂದ ಬೇರ್ಪಡುವ ಪದಾರ್ಥವು ಮುಖಗಳ



ಚಿತ್ರ 4.7

ಮೇಲೆ ಪದರಪದರವಾಗಿ ಹರಡಲ್ಪಡುತ್ತದೆ ಮತ್ತು ಹಿಂದಿನ ಪದರವು ಪೂರ್ತಿಯಾಗುವವರೆಗೂ, ಅದರ ಮುಂದಿನ ಪದರವು ಆರಂಭವಾಗುವುದಿಲ್ಲ.

ಚಿತ್ರ 4.8ರಲ್ಲಿ ಪರಮಾಣುಗಳ ಒಂದು "ಅಪೂರ್ಣವಾದ" ಜೋಡಣೆಯ ವಿಧಾನವನ್ನು ಚಿತ್ರಿಸಿದೆ. ಅಕ್ಷರಗಳಿಂದ ಗುರ್ತಿಸಿರುವ ಬಹುಮಟ್ಟಿಗೆ ಯಾವ ಸ್ಥಾನಗಳಲ್ಲಿ ಒಂದು ಹೊಸ ಪರಮಾಣುವು ಹರಳಿಗೆ ಕೂಡಿಕೊಂಡು ಸ್ಥಿರವಾಗಿ ನಿಲ್ಲಬಹುದು ? ನಿಸ್ಸಂದೇಹವಾಗಿ *K* ಸ್ಥಾನದಲ್ಲಿ. ಏಕೆಂದರೆ ಅದು ಮೂರು ಕಡೆಗಳ ಅಕ್ಕಪಕ್ಕದವುಗಳಿಂದ ಆಕರ್ಷಣೆಗೆ ಒಳಗಾಗಿದೆ. *L* ಸ್ಥಾನದಲ್ಲಿ ಹೊಸ ಪರಮಾಣುವು ಎರಡು ಕಡೆಗಳಿಂದಲೂ, ಮತ್ತು *M* ಸ್ಥಾನದಲ್ಲಿ ಒಂದೇ ಒಂದು ಕಡೆಯಿಂದಲೂ ಆಕರ್ಷಿತವಾಗಿರುವುದು. ಈ ಕಾರಣದಿಂದಲೇ ಒಂದು ಸಾಲು ಮೊದಲು ಪೂರ್ತಿಯಾಗುತ್ತದೆ. ಆಮೇಲೆ ಒಂದು ಪೂರಾಪದರ ಮತ್ತು ಕೊನೆಗೆ ಒಂದು ಹೊಸ ಪದರವು ಆರಂಭವಾಗುತ್ತದೆ.



**ಚಿತ್ರ 4.8**

ಅನೇಕ ಉದಾಹರಣೆಗಳಲ್ಲಿ, ಹರಳುಗಳು ಕರಗಿರುವ ಮುದ್ದೆಯಿಂದ ರೂಪುಗೊಳ್ಳುವುವು. ಪ್ರಕೃತಿಯಲ್ಲಿ ಇದು ಬೃಹತ್ಪ್ರಮಾಣದಲ್ಲಿ ಸಂಭವಿಸುತ್ತದೆ; ಬಾಸಾಲ್ಟ್, ಗ್ರಾನೈಟ್ ಮತ್ತು ಅಗ್ನಿಯಿಂದಾದ ಇತರ ಜಾತಿಯ ಕಲ್ಲುಗಳು ಉರಿಯುತ್ತಿರುವ ಮ್ಯಾಗ್ಮದಿಂದ ಉಂಟಾದವು.

ಯಾವುದಾದರೊಂದು ಜಾತಿಯ ಸ್ಫಟಿಕೀಯ ಪದಾರ್ಥವನ್ನು, ಉದಾಹರಣೆಗೆ ಕಲ್ಲುಪ್ಪನ್ನು, ಬಿಸಿಮಾಡೋಣ. 804 °C ಉಷ್ಣಾಂಶದವರೆಗೂ ಉಪ್ಪಿನ ಹರಳುಗಳು ಅತ್ಯಂತ ಸ್ವಲ್ಪವೇ ವ್ಯತ್ಯಾಸ ಹೊಂದುತ್ತವೆ; ಅವು ಗಮನಾರ್ಹವಲ್ಲದಷ್ಟು ದೊಡ್ಡವಾಗುತ್ತವೆ, ಆದರೆ ಪದಾರ್ಥವು ಘನ ಪದಾರ್ಥವಾಗಿಯೇ ಉಳಿದಿರುತ್ತದೆ. ಪದಾರ್ಥವಿರುವ ಪಾತ್ರೆಯಲ್ಲಿಟ್ಟ ಒಂದು ಶಾಖ ಮಾಪಕವು ಬಿಸಿಮಾಡುವ ಕಾಲದಲ್ಲಿ ಉಷ್ಣಾಂಶವು ಏರುತ್ತ ಹೋಗುವುದನ್ನು ತೋರಿಸುತ್ತದೆ. 804 °Cಯಲ್ಲಿ ಎರಡು ಒಂದಕ್ಕೊಂದು ಸಂಬಂಧಿಸಿದ ಹೊಸ ಘಟನೆಗಳನ್ನು ನೋಡುತ್ತೇವೆ : ಪದಾರ್ಥವು ಕರಗಲು ಆರಂಭಿಸುವುದು ಮತ್ತು ಉಷ್ಣಾಂಶದ ಏರಿಕೆಯು ನಿಲ್ಲುವುದು. ಪದಾರ್ಥವೆಲ್ಲಾ ಪೂರ್ತಿ ದ್ರವವಾಗಿ ಮಾರ್ಪಡುವವರೆಗೂ, ಉಷ್ಣಾಂಶವು ವ್ಯತ್ಯಾಸವಾಗದೆ ಉಳಿಯುತ್ತದೆ. ಉಷ್ಣಾಂಶವು ಇನ್ನೂ ಹೆಚ್ಚಿದರೆ ಅದು ನಾವು ದ್ರವವನ್ನು ಕಾಯಿಸುತ್ತಿರುವುದನ್ನು ಸೂಚಿಸುತ್ತದೆ. ಎಲ್ಲಾ ಸ್ಫಟಿಕೀಯ ಪದಾರ್ಥಗಳೂ

ನಿರ್ದಿಷ್ಟವಾದ ಕರಗುವ ಬಿಂದುವನ್ನು ಹೊಂದಿರುತ್ತವೆ. ಮಂಜುಗಡ್ಡೆಯು 0 °C ನಲ್ಲಿ, ಕಬ್ಬಿಣವು 1527 °Cನಲ್ಲಿ ಮತ್ತು ಪಾದರಸವು ಶೂನ್ಯಕ್ಕಿಂತ 39 °C ಕೆಳಗೆ, ಮುಂತಾಗಿ, ಕರಗುತ್ತವೆ.

ನಮಗೆ ಆಗಲೇ ಗೊತ್ತಾಗಿರುವಂತೆ, ಪ್ರತಿ ಒಂದು ಸಣ್ಣ ಹರಳಿನಲ್ಲಿಯೂ ಪದಾರ್ಥದ ಪರಮಾಣುಗಳು ಅಥವಾ ಅಣುಗಳು ಕ್ರಮಬದ್ಧವಾದ ಜೋಡಣೆಯ ವಿಧಾನದಲ್ಲಿ ಕೂಡಿರುವುವು ಮತ್ತು ತಮ್ಮ ಸರಾಸರಿ ಸ್ಥಾನಗಳ ಅತ್ತಿತ್ತ ಸಣ್ಣ ಕಂಪನಗಳನ್ನು ಹೊಂದಿವೆ. ಕಾಯವನ್ನು ಕಾಯಿಸಿದರೆ, ಕಂಪಿಸುತ್ತಿರುವ ಕಣಗಳ ವೇಗವೂ ಮತ್ತು ಅವುಗಳ ಚಲನವಿಸ್ತಾರವೂ ಹೆಚ್ಚುತ್ತವೆ. ಉಷ್ಣಾಂಶವು ಹೆಚ್ಚಾದಾಗ ಕಣಗಳ ಚಲನೆಯ ವೇಗವು ಹೆಚ್ಚುವುದು ಪ್ರಕೃತಿಯ ಮೂಲಭೂತ ನಿಯಮಗಳಲ್ಲಿ ಒಂದು, ಮತ್ತು ದ್ರವ್ಯದ ಎಲ್ಲಾ ಸ್ಥಿತಿಗಳಿಗೂ – ಘನ, ದ್ರವ ಅಥವಾ ಅನಿಲ ಸ್ಥಿತಿ – ಅನ್ವಯವಾಗುವುದು.

ಹರಳಿನ ಉಷ್ಣಾಂಶ ನಿರ್ದಿಷ್ಟವಾದ, ಸಾಕಷ್ಟು ಹೆಚ್ಚು ಮಟ್ಟವನ್ನು ಸೇರಿದಾಗ, ಅದರ ಕಣಗಳ ಕಂಪನವು ಎಷ್ಟು ಬಿರುಸಾಗುವುದೆಂದರೆ ಕಣಗಳ ನಿಖರವಾದ ಅಳವಡಿಕೆಯು ಸಾಧ್ಯವಾಗುವುದಿಲ್ಲ; ಹರಳು ಕರಗುತ್ತದೆ. ಕರಗುವುದು ಆರಂಭವಾದರೆ, ಒದಗಿಸಲ್ಪಟ್ಟ ಶಾಖವು ಕಣಗಳ ಚಲನೆಯ ವೇಗವನ್ನು ಹೆಚ್ಚಿಸುವುದಿಲ್ಲ, ಅದು ಹರಳಿನ ಜಾಲಕವನ್ನು ಬೇಧಿಸುವುದಕ್ಕೆ ಉಪಯೋಗಿಸಲ್ಪಡುವುದು. ಇದರಿಂದಾಗಿಯೇ ಪದಾರ್ಥವು ಪೂರ್ಣವಾಗಿ ಕರಗುವವರೆಗೂ ಉಷ್ಣಾಂಶವು ಅವ್ಯತ್ಯಸ್ತವಾಗಿರುತ್ತದೆ. ಆಮೇಲಿನ ಕಾಯಿಸುವಿಕೆಯು ದ್ರವದ ಕಣಗಳ ವೇಗವನ್ನು ಹೆಚ್ಚಿಸುತ್ತದೆ.

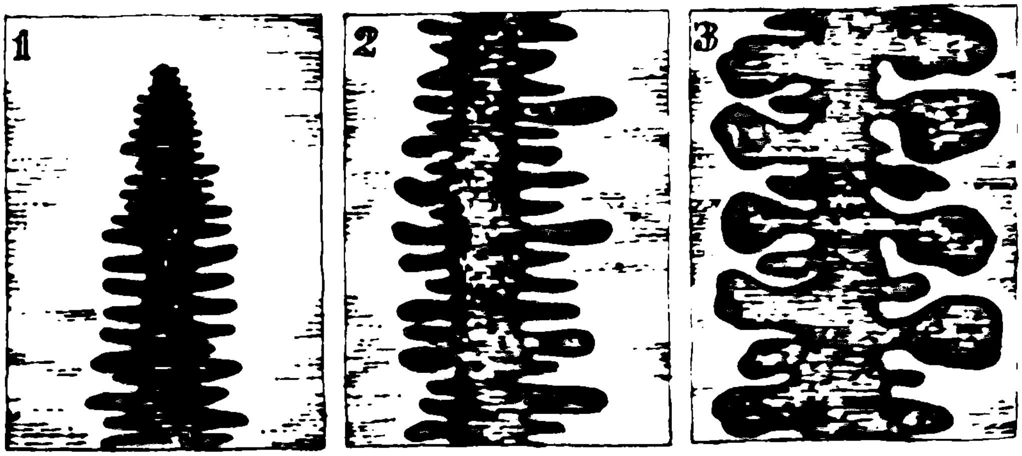
ನಮ್ಮ ದೃಷ್ಟಾಂತವಾದ ಕರಗಿರುವ ಮುದ್ದೆಯಿಂದ ಸ್ಫಟಿಕೀಕರಣ ಮಾಡುವುದರಲ್ಲಿ – ಇದಕ್ಕೆ ಘನೀಭವಿಸುವುದು ಎಂದು ಹೆಸರು – ಮೇಲೆ ಹೇಳಿದ ಎಲ್ಲಾ ಘಟನೆಗಳೂ ಪ್ರತಿಲೋಮ ಕ್ರಮದಲ್ಲಿ ಸಂಭವಿಸುತ್ತವೆ: ದ್ರವವನ್ನು ತಂಪುಮಾಡಿದರೆ, ಅದರ ಕಣಗಳ ಅವ್ಯವಸ್ಥಿತ ಚಲನೆಯು ನಿಧಾನವಾಗುವುದು. ಒಂದು ನಿರ್ದಿಷ್ಟವಾದ, ಸಾಕಷ್ಟು ಕೆಳಮಟ್ಟದ ಉಷ್ಣಾಂಶವನ್ನು ಮುಟ್ಟಿದಾಗ, ಕಣಗಳ ವೇಗವು ಎಷ್ಟು ಕಡಿಮೆಯಾಗಿರುವುದೆಂದರೆ ಅವುಗಳಲ್ಲಿ ಕೆಲವು ಮತ್ತು ಕೆಲವುಗಳೊಡನೆ ಸೇರಿ

ಕೊಂಡು ಹರಳಿನ ಬೀಜವು ರೂಪುಗೊಳ್ಳುವುದು. ಪದಾರ್ಥವೆಲ್ಲಾ ಪೂರ್ತಿ ಘನೀಭವಿಸುವವರೆಗೂ ಅಥವಾ ಗಟ್ಟಿಯಾಗುವವರೆಗೂ, ಉಷ್ಣಾಂಶವು ಅವ್ಯತ್ಯಸ್ತವಾಗಿರುತ್ತದೆ. ಸಾಮಾನ್ಯವಾಗಿ, ಈ ಉಷ್ಣಾಂಶವು ಕರಗುವ ಬಿಂದುವೇ ಆಗಿರುತ್ತದೆ.

ಕೆಲವು ವಿಶೇಷ ಕಾರ್ಯಕ್ರಮಗಳನ್ನು ತೆಗೆದುಕೊಳ್ಳದೆ ಹೋದರೆ, ಕರಗಿದ ಮುದ್ದೆಯು ಅನೇಕ ಸ್ಥಳಗಳಲ್ಲಿ ಒಂದೇ ಕಾಲದಲ್ಲಿ ಘನೀಭವಿಸಲು ಆರಂಭಿಸುವುದು. ಸಣ್ಣ ಹರಳುಗಳು ನಾವು ಮೇಲೆ ವಿವರಿಸುವ ರೀತಿಯಲ್ಲಿಯೇ ಕೊಟ್ಟ ಪದಾರ್ಥಕ್ಕೆ ವಿಶಿಷ್ಟವಾದ ಸಮಪ್ರಮಾಣದ ಬಹುಮುಖ ಘನಾಕೃತಿಗಳಾಗಿ ಬೆಳೆಯಲು ಆರಂಭಿಸುತ್ತವೆ. ಆದರೆ ಈ ವಿಧದ ನಿರಾತಂಕ ಬೆಳವಣಿಗೆಯು ಬೇಗಲೇ ಮುಗಿಯುವುದು, ಏಕೆಂದರೆ ಬೆಳೆಯುತ್ತಿರುವ ಸಣ್ಣ ಹರಳುಗಳು ಒಂದನ್ನೊಂದು ಮುಟ್ಟುತ್ತವೆ ಮತ್ತು ಸ್ಪರ್ಶಿಸುವ ಸ್ಥಳಗಳಲ್ಲಿ ಮುಂದಿನ ಬೆಳವಣಿಗೆ ನಿಲ್ಲುತ್ತದೆ. ಇದರಿಂದ ಘನೀಭವಿಸಿದ ಕಾಯಕ್ಕೆ ಕಣ ಕಣವಾದ ರಚನಾ ಸ್ವರೂಪವುಂಟಾಗುತ್ತದೆ. ಪ್ರತಿಯೊಂದು ಕಣವೂ ತನ್ನ ಸ್ವಾಭಾವಿಕ ಆಕಾರವನ್ನು ಹೊಂದಲಾರದೆ ಹೋದ ಒಂದು ಚಿಕ್ಕ ಹರಳು.

ಅನೇಕ ಅಂಶಗಳ ಮೇಲೆ, –ಅದರಲ್ಲಿಯೂ ತಂಪಾಗುವ ಗತಿಯ ತೀವ್ರತೆಯ ಮೇಲೆ – ಆಧಾರಪಟ್ಟು, ಒಂದು ಘನ ಪದಾರ್ಥವು ದಪ್ಪವಾದ ಅಥವಾ ಸಣ್ಣದಾದ ಕಣಗಳುಳ್ಳದ್ದಾಗಿರಬಹುದು. ತಂಪಾಗುವ ಗತಿ ಕಡಿಮೆಯಾಗಿದ್ದಷ್ಟೂ ಕಣಗಳು ಹೆಚ್ಚು ದಪ್ಪವಾಗಿರುವುವು. ಸ್ಫಟಿಕೀಯ ಕಾಯಗಳ ಕಣಗಳ ಪ್ರಮಾಣವು ಒಂದು ಸೆಂಟಿಮೀಟರಿನಲ್ಲಿ ಹತ್ತು ಲಕ್ಷದ ಒಂದು ಭಾಗದಷ್ಟರಿಂದ ಹಲವಾರು ಮಿಲಿಮೀಟರ್‌ಗಳಷ್ಟರವರೆಗೂ ಇರುತ್ತದೆ. ಅನೇಕ ದೃಷ್ಟಾಂತಗಳಲ್ಲಿ, ಕಣ ಕಣವಾಗಿರುವ ಸ್ಫಟಿಕೀಯ ರಚನಾಕ್ರಮವನ್ನು ಸೂಕ್ಷ್ಮದರ್ಶಕದಲ್ಲಿ ಕಾಣಬಹುದು. ಘನ ಕಾಯಗಳು ಬಹುಮಟ್ಟಿಗೆ ಇಂತಹ ಸೂಕ್ಷ್ಮವಾದ ಸ್ಫಟಿಕೀಯ ರಚನೆಯನ್ನು ಹೊಂದಿರುವುವು.

ಲೋಹಗಳ ಘನೀಭವಿಸುವಿಕೆಯು ಯಂತ್ರಶಿಲ್ಪದಲ್ಲಿ ಬಹು ಪ್ರಾಮುಖ್ಯತೆ ಪಡೆದಿರುವ ವಿಷಯ. ಒಂದು ಕರಗಿಸಿದ ಲೋಹವನ್ನು ಎರಕಹೊಯ್ಯುವ ಕಾರ್ಖಾನೆಯಲ್ಲಿ ಒಂದು ಅಚ್ಚಿನಲ್ಲಿ ಹೊಯ್ದಾಗ ಅದು ಘನೀಭವಿಸುವಾಗ ಸಂಭವಿ




**ಚಿತ್ರ 4.9**

ಸುವ ವಿದ್ಯಮಾನಗಳನ್ನು ಭೌತವಿಜ್ಞಾನಿಗಳು ಅತ್ಯಂತ ಕೂಲಂಕಷವಾಗಿ ಪರಿಶೀಲಿಸಿರುವರು.

ಒಂದು ಕರಗಿಸಿದ ಲೋಹವನ್ನು ತಂಪುಮಾಡಿದಾಗ ಬಹುತೇಕ **ಡೆನ್‌ಡ್ರೈಟ್** ಎಂಬ ಹೆಸರಿನ ಚಿಕ್ಕ ಮರಗಳಂತಿರುವ ಹರಳುಗಳು ಬೆಳೆಯುವುವು. ಹಲವು ವೇಳೆಗಳಲ್ಲಿ ಈ ಡೆನ್‌ಡ್ರೈಟುಗಳು ಗೊತ್ತುಗುರಿಯಿಲ್ಲದ ದಿಕ್ಕುಗಳಿಗೆ ತಿರುಗಿರುವುವು ಮತ್ತೆ ಕೆಲವು ವೇಳೆ ಒಂದಕ್ಕೊಂದು ಸಮಾಂತರವಾಗಿರುವುವು.

ಚಿತ್ರ 4.9ರಲ್ಲಿ ಒಂದೇ ಒಂದು ಡೆನ್‌ಡ್ರೈಟ್‌ನ ಬೆಳವಣಿಗೆಯ ಘಟ್ಟಗಳನ್ನು ತೋರಿಸಿದೆ. ಇಂತಹ ಸಂದರ್ಭಗಳಲ್ಲಿ, ಒಂದು ಡೆನ್‌ಡ್ರೈಟು ಇನ್ನೊಂದು ಡೆನ್‌ಡ್ರೈಟನ್ನು ಸಂಧಿಸುವುದಕ್ಕೆ ಮುಂಚೆ ಅತಿಯಾಗಿ ಬೆಳೆದು ತನ್ನ ಕವಲುಗಳ ನಡುವಿನ ಸ್ಥಳವನ್ನೆಲ್ಲಾ ಆಕ್ರಮಿಸಬಹುದು. ಆಗ ಘನೀಭವಿಸಿದ ಎರಕದಲ್ಲಿ ಡೆನ್‌ಡ್ರೈಟುಗಳು ಇರುವುದಿಲ್ಲ. ಆದರೆ ವಿದ್ಯಮಾನಗಳು ಬೇರೆ ರೀತಿಯಲ್ಲಿಯೂ ಸಾಗಬಹುದು : ಡೆನ್‌ಡ್ರೈಟುಗಳು ಬೆಳವಣಿಗೆ ಇನ್ನೂ ಆರಂಭದ ಘಟ್ಟಗಳಲ್ಲಿಯೇ ಇರುವಾಗ ಒಂದನ್ನೊಂದು ಸಂಧಿಸಿ, ಒಂದರೊಳಗೆ ಮತ್ತೊಂದು ಬೆಳೆಯುತ್ತ, (ಒಂದರ ಕವಲುಗಳು ಮತ್ತೊಂದರ ಕವಲುಗಳ ಮಧ್ಯದಲ್ಲಿನ ಸ್ಥಳಗಳನ್ನು ತುಂಬಿ) ಹೋಗಬಹುದು.

ಇದರಿಂದಾಗಿ ಚಿತ್ರ 2.22ರಲ್ಲಿ ತೋರಿಸಿರುವ ಬೇರೆ ರೂಪಾಕ್ರಮವುಳ್ಳ ಕಣಾ

ಗಳಿರುವ ಏರಕಗಳನ್ನು ಪಡೆಯಬಹುದು. ಲೋಹಗಳ ಗುಣಗಳು ಈ ರಚನಾಕ್ರಮವನ್ನು ಬಹುಮಟ್ಟಿಗೆ ಅವಲಂಬಿಸಿವೆ. ಲೋಹವು ಘನೀಭವಿಸುವಾಗ ತಂಪು ಮಾಡುವ ಗತಿ ಮತ್ತು ಅಚ್ಚಿನಿಂದ ಶಾಖವನ್ನು ವಿನಿಯೋಗಿಸುವ ಕ್ರಮ – ಇವುಗಳ ಬದಲಾವಣೆಯಿಂದ ಅದರ ವರ್ತನೆಯನ್ನು ನಿಯಂತ್ರಿಸಬಹುದು.

ದೊಡ್ಡದಾದ ಒಂದೇ ಒಂದು ಹರಳನ್ನು ಬೆಳೆಸಬೇಕಾದರೆ, ಹರಳು ಒಂದೇ ಸ್ಥಳದಲ್ಲಿ ಬೆಳೆಯುವಂತೆ ಕಾರ್ಯಕ್ರಮ ಕೈಗೊಳ್ಳಬೇಕು. ಆದರೆ ಹಲವಾರು ಹರಳುಗಳು ಆಗಲೇ ಬೆಳೆಯಲು ಪ್ರಾರಂಭಿಸಿದ್ದರೆ, ಅವುಗಳಲ್ಲಿ ಒಂದೇ ಒಂದರ ಬೆಳವಣಿಗೆಗೆ ಅನುಕೂಲವಾದ ಪರಿಸ್ಥಿತಿಗಳನ್ನುಂಟುಮಾಡಲು ಬೇಕಾದ ಕಾರ್ಯಕ್ರಮಗಳನ್ನು ಕೈಕೊಳ್ಳಲೇಬೇಕಷ್ಟೆ.

ಕರಗಿಸಲಾಗುವ ಲೋಹಗಳ ಹರಳುಗಳನ್ನು ಬೆಳೆಯಲು ಏನು ಮಾಡಬೇಕೆಂಬುದಕ್ಕೆ ಇಲ್ಲಿ ಒಂದು ನಿದರ್ಶನ. ಲೋಹವನ್ನು ಹೊರಕ್ಕೆ ಎಳೆದಿರುವ ತಳವಿರುವ ಒಂದು ಗಾಜಿನ ಪರೀಕ್ಷಾ ಪ್ರನಾಳದಲ್ಲಿ ಕರಗಿಸಬೇಕು. ಪರೀಕ್ಷಾ ಪ್ರನಾಳವನ್ನು ಒಂದು ದಾರದಿಂದ ನೇತುಹಾಕಿ ನೆತ್ತಿಯ ದಿಕ್ಕುಳ್ಳ ಉರುಳೆಯಾಕಾರದ ಒಲೆಯೊಂದರೊಳಕ್ಕೆ ನಿಧಾನವಾಗಿ ಇಳಿಸಬೇಕು. ಹೊರಕ್ಕೆ ಎಳೆದಿರುವ ತಳವು ಕ್ರಮಕ್ರಮವಾಗಿ ಒಲೆಯನ್ನು ಬಿಟ್ಟು ಹೊರಕ್ಕೆ ಬಂದು ತಂಪಾಗುತ್ತದೆ. ಸ್ಫಟಿಕೀಕರಣವು ಪ್ರಾರಂಭವಾಗುತ್ತದೆ. ಮೊದಲಿಗೆ, ಹಲವು ಸಣ್ಣ ಹರಳುಗಳು ಉಂಟಾಗುವುವು, ಆದರೆ ಪಾರ್ಶ್ವಕ್ಕೆ ಬೆಳೆಯುವ ಕೆಲವು ಹರಳುಗಳು ಪರೀಕ್ಷಾ ಪ್ರನಾಳದ ಗೋಡೆಯನ್ನು ತಾಕುತ್ತವೆ, ಮತ್ತು ಅವುಗಳ ಬೆಳವಣಿಗೆ ನಿಧಾನವಾಗುವುದು. ಪರೀಕ್ಷಾ ಪ್ರನಾಳದ ಅಕ್ಷರೇಖೆಯನ್ನವಲಂಬಿಸಿ ಬೆಳೆಯುವ – ಅಂದರೆ ಕರಗಿದ ಮುದ್ದೆಯ ಒಳಗಡೆಗೆ ಬೆಳೆಯುವ – ಹರಳು ಮಾತ್ರ ಅನುಕೂಲವಾದ ಪರಿಸ್ಥಿತಿಯುಳ್ಳದ್ದಾಗಿರುವುದು. ಪರೀಕ್ಷಾ ಪ್ರನಾಳವನ್ನು ಇಳಿಸುತ್ತಹೋದರೆ, ಕಡಿಮೆ ಉಷ್ಣಾಂಶದ ಪ್ರದೇಶಕ್ಕೆ ಬರುವ ಮುದ್ದೆಯ ಹೊಸ ಭಾಗಗಳು ಈ ಏಕೈಕ ಹರಳನ್ನು "ಬೆಳೆಸುತ್ತದೆ." ಆದ್ದರಿಂದ, ಸಣ್ಣ ಹರಳುಗಳಲ್ಲೆಲ್ಲಾ ಅದೊಂದು ಮಾತ್ರ ಉಳಿದುಕೊಳ್ಳುತ್ತದೆ; ಪರೀಕ್ಷಾ ಪ್ರನಾಳವನ್ನು ಇಳಿಸುತ್ತ ಹೋದರೆ, ಅದು ಅಕ್ಷರೇಖೆಯನ್ನನುಸರಿಸಿ ಬೆಳೆಯುತ್ತ ಹೋಗುವುದು. ಕೊನೆಗೆ, ಕರಗಿದ ಲೋಹದ ಎಲ್ಲಾ ಮೊತ್ತವೂ ಒಂದೇ ಒಂದು ಹರಳಾಗಿ ಗಟ್ಟಿಯಾಗುತ್ತದೆ.

ಕರಗಿಸಲಾಗದಂತಹ ಮಾಣಿಕ್ಯದ ಹರಳನ್ನು ಬೆಳಸುವುದರಲ್ಲಿಯೂ ಇದೇ ಭಾವನೆಯೇ ಆಧಾರಭೂತವಾಗಿರುವುದು. ಮಾಣಿಕ್ಯದ ಹಸನಾದ ಪುಡಿಯನ್ನು ಒಂದು ಜ್ವಾಲೆಯಲ್ಲಿ ಧಾರಾಕಾರವಾಗಿ ಸುರಿಯಲಾಗುವುದು. ಇದರಿಂದಾಗಿ ಪುಡಿಯ ಕಣಗಳು ಕರಗುವುವು; ಸಣ್ಣ ಸಣ್ಣ ಹನಿಗಳು ಬಹಳ ಸಣ್ಣ ಚದರಳತೆಯುಳ್ಳ ಕರಗಲಾಗದಂತಹ ಆಸರೆಯೊಂದರ ಮೇಲೆ ಬಿದ್ದು ಹರಳುಗಳ ಒಂದು ರಾಶಿ ಉಂಟಾಗುತ್ತದೆ. ಆಸರೆಯ ಮೇಲೆ ಇನ್ನೂ ಹನಿಗಳು ತೊಟ್ಟಿಕ್ಕಿದರೆ, ಸಣ್ಣ ಹರಳುಗಳೆಲ್ಲಾ ಬೆಳೆಯಲಾರಂಭಿಸುತ್ತವೆ, ಆದರೂ ಬೀಳುತ್ತಿರುವ ಹನಿಗಳನ್ನು "ಸ್ವೀಕರಿಸಲು" ಹೆಚ್ಚು ಅನುಕೂಲ ಸ್ಥಿತಿಯಲ್ಲಿರುವ ಒಂದು ಮಾತ್ರ ಬೆಳೆದು ದೊಡ್ಡದಾಗುತ್ತದೆ.

ಹಾಗಾದರೆ, ದೊಡ್ಡ ಹರಳುಗಳು ಏತಕ್ಕೆ ಬೇಕು ?

ಕೈಗಾರಿಕೆ ಮತ್ತು ವಿಜ್ಞಾನ ಇವೆರಡರಲ್ಲಿಯೂ ಒಂಟಿಯಾದ ದೊಡ್ಡ ಹರಳುಗಳ ಅವಶ್ಯಕತೆ ಇರುವುದು. ಯಂತ್ರಕಲಾಶಾಸ್ತ್ರದಲ್ಲಿ ಸೀಗ್ನೆಟ್ ಉಪ್ಪು ಮತ್ತು ಕ್ವಾರ್ಟ್ಸ್ ಇವುಗಳ ಹರಳುಗಳು ಅತ್ಯಂತ ಪರಿಣಾಮಕಾರಿಯಾದವು, ಏಕೆಂದರೆ ಇವು ಯಾಂತ್ರಿಕ ಕ್ರಿಯೆಯನ್ನು (ಉದಾಹರಣೆಗೆ ಒತ್ತಡವನ್ನು) ವಿದ್ಯುದ್ಬಲವಾಗಿ ಮಾರ್ಪಡಿಸುವ ಅತ್ಯಾಶ್ಚರ್ಯಕರವಾದ ಗುಣವನ್ನು ಹೊಂದಿರುತ್ತವೆ.

ದ್ಯುತಿ ವಿಜ್ಞಾನದಲ್ಲಿ ಕ್ಯಾಲ್ಸೈಟ್, ಕಲ್ಲುಪ್ಪು, ಫ್ಲೋರೈಟ್ ಮುಂತಾದುವುಗಳ ದೊಡ್ಡ ಹರಳುಗಳ ಅವಶ್ಯಕತೆ ಇರುವುದು.

ಮಾಣಿಕ್ಯ, ನೀಲಮಣಿ ಮತ್ತು ಇತರ ಕೆಲವು ಪ್ರಶಸ್ತ ಶಿಲೆಗಳ ಹರಳುಗಳು ಗಡಿಯಾರದ ತಯಾರಿಕೆಗೆ ಬೇಕಾಗುವುವು. ಇದಕ್ಕೆ ಕಾರಣವೇನೆಂದರೆ ಸಾಮಾನ್ಯವಾದ ಗಡಿಯಾರಗಳಲ್ಲಿನ ಚಲಿಸುವ ಭಾಗಗಳು ಒಂದು ಘಂಟೆಗೆ 20,000 ಸಲಗಳಷ್ಟರವರೆಗಿನ ಆಂದೋಲನಗಳನ್ನು ಮಾಡುತ್ತವೆ. ಇದರಿಂದಾಗಿ ಅಕ್ಷಗಳ ತುದಿಗಳು ಮತ್ತು ಬೇರಿಂಗುಗಳು ಅತಿ ಹೆಚ್ಚು ಉತ್ಕೃಷ್ಟತೆಯುಳ್ಳವುಗಳಾಗಿರಬೇಕಾಗುವುದು. 0.07–0.15 ಮಿ.ಮೀ. ವ್ಯಾಸವಿರುವ ಅಕ್ಷದ ತುದಿಗೆ ಮಾಣಿಕ್ಯ ಅಥವಾ ನೀಲಮಣಿಯನ್ನು ಬೇರಿಂಗ್ ಆಗಿ ಉಪಯೋಗಿಸಿದರೆ ಸವೆಯುವಿಕೆ ಅತ್ಯಂತ ಕಡಿಮೆಯಾಗಿರುವುದು. ಈ ಪದಾರ್ಥಗಳ ಕೃತಕ ಹರಳುಗಳು ಬಹಳ ಬಾಳಿಕೆ ಬರುವಂಥವುವು ಮತ್ತು ಉಕ್ಕಿನಿಂದ ಬಹಳ ಸ್ವಲ್ಪವೇ ಸವೆಯುವುವು. ಪ್ರಕೃತಿಯಲ್ಲಿ ಸಿಕ್ಕುವ

ಇದೇ ಸ್ವಾಭಾವಿಕ ಕಲ್ಲುಗಳಿಗಿಂತ ಅವುಗಳ ಕೃತಕ ಕಲ್ಲುಗಳು ಇದಕ್ಕೆ ಹೆಚ್ಚು ಉಪಯೋಗಕರವಾದುದೆಂಬುದು ಗಮನಾರ್ಹವಾದ ವಿಷಯ.

ಇಷ್ಟಾದರೂ, ಅರ್ಧವಾಹಕ (ಸಿಲಿಕಾನ್) ಒಂಟಿ ಹರಳುಗಳನ್ನು ಬೆಳೆಸುವುದೇ ಕೈಗಾರಿಕೆಯಲ್ಲಿ ಅತಿಮುಖ್ಯವಾದುದು. ಈಗಿನ ಕಾಲದ ಸಮಾಚಾರ ವಿನಿಮಯ– ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನಿಕ್ಸ್ ಉದ್ಯಮಗಳನ್ನು ಈ ಹರಳುಗಳಿಲ್ಲದಿದ್ದರೆ ಊಹಿಸಲೂ ಸಾಧ್ಯ ವಿರುತ್ತಿರಲಿಲ್ಲ.

## ಕರಗುವ ಬಿಂದುವಿನ ಮೇಲೆ ಒತ್ತಡದ ಪ್ರಭಾವ

ಒತ್ತಡವನ್ನು ಬದಲಾಯಿಸಿದರೆ, ಕರಗುವ ಬಿಂದುವೂ ವ್ಯತ್ಯಾಸಪಡುವುದು, ಕುದಿಯುವಿಕೆಯ ಬಗ್ಗೆ ಪರಿಶೀಲಿಸುವಾಗ ಈ ನಿಯಮಬದ್ಧತೆಯು ನಮ್ಮ ಗಮನಕ್ಕೆ ಬಂದಿತು. ಒತ್ತಡವು ಹೆಚ್ಚಾದಷ್ಟೂ, ಕುದಿಕಾವು ಏರುವುದು. ಸಾಮಾನ್ಯವಾಗಿ ಕರಗುವುದಕ್ಕೂ ಇದೇ ನಿಯಮವೇ ಅನ್ವಯವಾಗುವುದು. ಆದರೂ, ಅಸಂಬದ್ಧ ವಾಗಿ ವರ್ತಿಸುವ ಹಲವು ಪದಾರ್ಥಗಳು ಸಣ್ಣ ಸಂಖ್ಯೆಯಲ್ಲಿವೆ : ಒತ್ತಡವನ್ನು ಹೆಚ್ಚಿಸಿದರೆ, ಅವುಗಳ ಕರಗುವ ಬಿಂದುವು ಇಳಿಯುತ್ತದೆ.

ವಾಸ್ತವದ ವಿಷಯವೇನೆಂದರೆ, ಬಹುಸಂಖ್ಯೆಯ ಘನ ಪದಾರ್ಥಗಳು ಅವು ಗಳ ದ್ರವರೂಪಗಳಿಗಿಂತ ಹೆಚ್ಚು ಸಾಂದ್ರತೆಯುಳ್ಳವಾಗಿರುವುವು. ಈ ನಿಯಮಕ್ಕೆ ವಿರುದ್ಧವಾಗಿರುವ ಪದಾರ್ಥಗಳೇ ಒತ್ತಡದ ಹೆಚ್ಚಿಕೆಯಿಂದ ಅಸಾಮಾನ್ಯ ರೀತಿಯಲ್ಲಿ ಕರಗುವ ಬಿಂದುವಿನ ವ್ಯತ್ಯಾಸವನ್ನು ಹೊಂದಿರುವುವು, ಉದಾಹರಣೆಗೆ ನೀರು. ಮಂಜುಗಡ್ಡೆಯು ನೀರಿಗಿಂತ ಹಗುರ, ಮತ್ತು ಒತ್ತಡವನ್ನು ಹೆಚ್ಚಿಸಿದಾಗ ಅದರ ಕರಗುವ ಬಿಂದುವು ಇಳಿಯುತ್ತದೆ.

ಸಂಕೋಚನವು ಹೆಚ್ಚು ಸಾಂದ್ರತೆಯ ಸ್ಥಿತಿಯನ್ನುಂಟುಮಾಡಲು ಸಹಕಾರಿ ಯಾಗುತ್ತದೆ. ಘನ ಪದಾರ್ಥವು ದ್ರವರೂಪಕ್ಕಿಂತ ಹೆಚ್ಚು ಸಾಂದ್ರವಾಗಿದ್ದರೆ, ಆಗ ಸಂಕೋಚವವು ಘನೀಕರಣಕ್ಕೆ ಸಹಾಯ ನೀಡುತ್ತದೆ ಮತ್ತು ಕರಗುವುದನ್ನು ತಡೆಯುತ್ತದೆ. ಆದರೆ ಕರಗುವುದು ಸಂಕೋಚನದಿಂದ ತಡೆಯಲ್ಪಟ್ಟರೆ, ಪದಾರ್ಥವು ಘನವಾಗಿಯೇ ಉಳಿಯುತ್ತದೆ. ಇದಕ್ಕಿಂತ ಹಿಂದೆ ಈ ಉಷ್ಣಾಂಶದಲ್ಲಿ

ಅದು ಕರಗುತ್ತಿತ್ತು, ಅಂದರೆ ಕರಗುವ ಬಿಂದುವು ಒತ್ತಡದ ಜೊತೆಗೆ ಏರುವುದು. ಅಸಂಬದ್ಧ ದೃಷ್ಟಾಂತದಲ್ಲಿ, ದ್ರವವು ಘನಪದಾರ್ಥಕ್ಕಿಂತ ಹೆಚ್ಚು ಸಾಂದ್ರವಾಗಿರುವುದು ಮತ್ತು ಅದರಿಂದ ಒತ್ತಡವು ದ್ರವ ಉಂಟಾಗುವುದಕ್ಕೆ ಸಹಾಯಕವಾಗಿರುವುದು, ಅಂದರೆ ಕರಗುವ ಬಿಂದುವು ಕಡಿಮೆಯಾಗುವುದು.

ಕರಗುವ ಬಿಂದುವಿನ ಮೇಲೆ ಒತ್ತಡದ ಪ್ರಭಾವವು ಕುದಿಯುವಿಕೆಯ ಮೇಲೆ ಅದೇ ವಿಧವಾದ ಪ್ರಭಾವಕ್ಕಿಂತ ಬಹಳ ಕಡಿಮೆಯಾಗಿರುವುದು. 100 ಕಿ.ಗ್ರಾಂ. ಬ./(ಸೆಂ.ಮೀ.)$^2$ ಗಿಂತ ಮೇಲೆ ಒತ್ತಡವನ್ನು ಹೆಚ್ಚಿಸಿದರೆ ಮಂಜುಗಡ್ಡೆಯ ಕರಗುವ ಬಿಂದುವು 1 °C ಅಷ್ಟು ಇಳಿಯುತ್ತದೆ.

ಮಂಜುಗಡ್ಡೆಯ ಮೇಲೆ ಜಾರುಮೆಟ್ಟುಗಳು ಜಾರುತ್ತವೆಯಾದರೂ, ಮಂಜುಗಡ್ಡೆಯಷ್ಟೇ ನುಣುಪಾಗಿರುವ ಮೆರಗುಕೊಟ್ಟ ಹಲಗೆ ನೆಲಗಟ್ಟಿನ ಮೇಲೆ ಜಾರುವುದಿಲ್ಲವೇಕೆ? ಇದಕ್ಕೆ ಸಮರ್ಪಕವಾದ ಒಂದೇ ವಿವರಣೆಯೆಂದರೆ, ನೀರು ಉಂಟಾಗಿ, ಜಾರುಮೆಟ್ಟುಗಳ ಪಟ್ಟಿಗಳಿಗೆ ಎರೆಕೊಡುವುದು. ಆದರೆ ಪಟ್ಟಿಯು ಉಂಟುಮಾಡುವ ಒತ್ತಡವು 100 ಕಿ.ಗ್ರಾಂ.ಬ./(ಸೆಂ.ಮೀ.)$^2$ ಗಿಂತ ಹೆಚ್ಚಾಗಿರುವುದೇ ಇಲ್ಲ ಮತ್ತು ಇದರಿಂದ ಪಟ್ಟಿಯ ಕೆಳಗಿನ ಮಂಜುಗಡ್ಡೆ ಕರಗುವಷ್ಟು ಕಡಿಮೆ ಮಟ್ಟಕ್ಕೆ ಕರಗುವ ಬಿಂದುವು ಇಳಿಯುವ ಹಾಗೆ ಕಾಣುವುದಿಲ್ಲ. ಈ ಅಸಂಬದ್ಧತೆಯನ್ನು ನಿವಾರಿಸಲು ನಾನು ಹೇಳುವುದು ಇಷ್ಟೇ: ಮೊನಚಾಗಿಲ್ಲದ ಪಟ್ಟಿಗಳುಳ್ಳ ಜಾರುಮೆಟ್ಟುಗಳು ಮಂಜುಗಡ್ಡೆಯ ಮೇಲೆ ಚೆನ್ನಾಗಿ ಜಾರುವುದಿಲ್ಲ. ಪಟ್ಟಿಗಳು ಮಂಜುಗಡ್ಡೆಯನ್ನು ಕತ್ತರಿಸುವಷ್ಟು ಮೊನಚು ಮಾಡಬೇಕು. ಆಗ ಮಾತ್ರ ಪಟ್ಟಿಗಳ ಮೊನಚಾದ ಅಂಚುಗಳು ಮಂಜುಗಡ್ಡೆಯನ್ನು ಚೆನ್ನಾಗಿ ಮುಟ್ಟಿ ಹತ್ತಾರು ಸಾವಿರ ವಾಯುಮಂಡಲಗಳ ಒತ್ತಡವನ್ನು ಉಂಟುಮಾಡುತ್ತವೆ ಮತ್ತು ಮಂಜುಗಡ್ಡೆ ನಿಜವಾಗಿಯೂ ಕರಗುತ್ತದೆ.

## ಗಟ್ಟಿ ಪದಾರ್ಥಗಳ ಬಾಷ್ಪೀಕರಣ

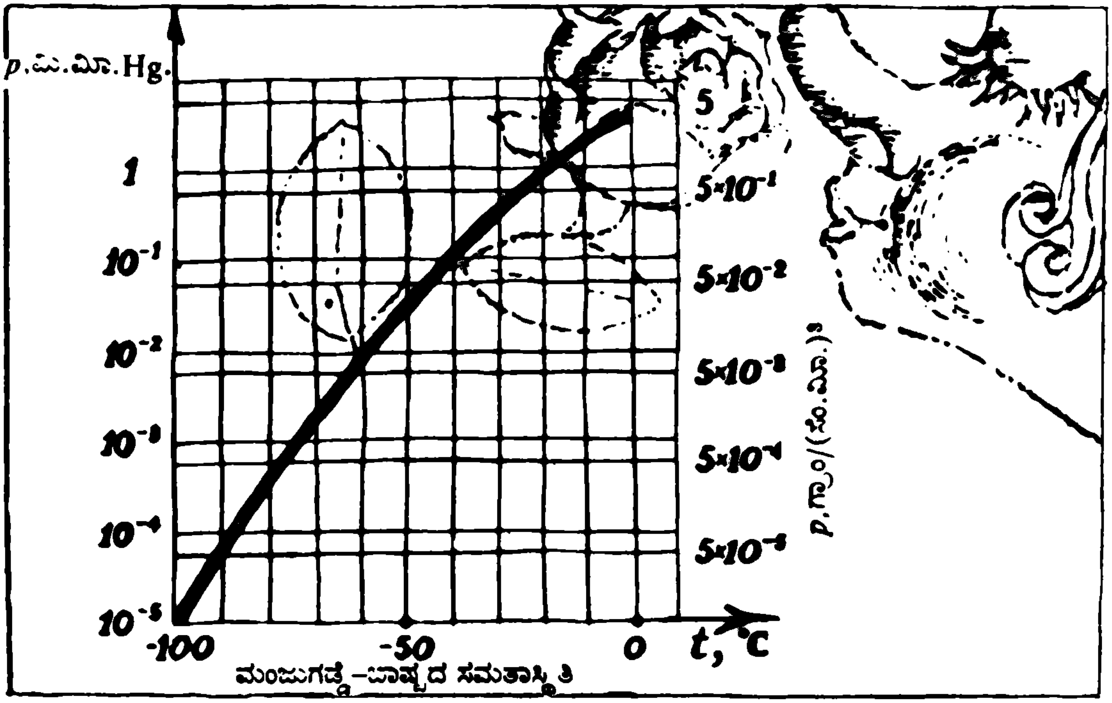
ಒಂದು ಪದಾರ್ಥವು ಬಾಷ್ಪವಾಗುತ್ತಿದೆ ಎಂದು ಹೇಳುವಾಗ, ಸಾಮಾನ್ಯವಾಗಿ ಒಂದು ದ್ರವವು ಬಾಷ್ಪವಾಗುತ್ತಿದೆ ಎಂಬ ಅಭಿಪ್ರಾಯವೇರ್ಪಡುತ್ತದೆ.

ಆದಾಗ್ಯೂ ಘನ ಪದಾರ್ಥಗಳು ಕೂಡ ಬಾಷ್ಪವಾಗುತ್ತವೆ. ಘನ ಪದಾರ್ಥಗಳ ಬಾಷ್ಪೀಕರಣಕ್ಕೆ **"ಊರ್ಧ್ವಪಾತ"** ಎಂದು ಹೆಸರು.

ಉದಾಹರಣೆಗೆ, ನ್ಯಾಫ್ತಲೀನ್ ಬಾಷ್ಪವಾಗುವ ಒಂದು ಘನ ಪದಾರ್ಥ. ನ್ಯಾಫ್ತಲೀನ್ 80 °Cನಲ್ಲಿ ಕರಗುತ್ತದೆ, ಆದರೆ ಕೊಠಡಿಯ ಉಷ್ಣಾಂಶದಲ್ಲಿ ಬಾಷ್ಪವಾಗುತ್ತದೆ. ನ್ಯಾಫ್ತಲೀನಿನ ಈ ಗುಣದಿಂದಾಗಿಯೇ ಅದನ್ನು ಕೀಟಗಳನ್ನು ನಾಶಪಡಿಸುವುದಕ್ಕೆ ಉಪಯೋಗಿಸುವರು. ನ್ಯಾಫ್ತಲೀನ್ ಪುಡಿ ಚೆಲ್ಲಿರುವ ಒಂದು ತುಪ್ಪುಳು ಅಂಗಿಯು ನ್ಯಾಫ್ತಲೀನ್ ಬಾಷ್ಪದಿಂದ ಸಂತೃಪ್ತವಾಗಿ, ಕೀಟಗಳು ತಡೆಯಲಾರದ ವಾತಾವರಣವನ್ನು ಹೊಂದುವುದು. ವಾಸನೆಯುಳ್ಳ ಪ್ರತಿ ಘನ ಪದಾರ್ಥವೂ ಒಂದು ಗಮನಾರ್ಹವಾದ ಪ್ರಮಾಣದಲ್ಲಿ ಊರ್ಧ್ವಪಾತವಾಗುವುದು. ವಾಸ್ತವದಲ್ಲಿ, ವಾಸನೆಯು ಪದಾರ್ಥದಿಂದ ಬಿಟ್ಟು ಅಗಲಿ ನಮ್ಮ ಮೂಗಿಗೆ ಸೇರುವ ಅಣುಗಳಿಂದ ಉಂಟಾಗುವುದು. ಆದರೂ, ಬಹಳ ಕಡಮೆ ಪ್ರಮಾಣದಲ್ಲಿ, ಅಂದರೆ ಅತ್ಯಂತ ಎಚ್ಚರಿಕೆಯಿಂದ ಪರೀಕ್ಷಿಸಿದರೂ ಕಂಡುಹಿಡಿಯಲಾಗದಷ್ಟು ಕಡಮೆ ಪ್ರಮಾಣದಲ್ಲಿ, ಊರ್ಧ್ವಪಾತವಾಗುವ ಪದಾರ್ಥದ ದೃಷ್ಟಾಂತಗಳೇ ಹೆಚ್ಚು. ತತ್ವತಃ, ಯಾವುದೇ ಘನ ಪದಾರ್ಥವಾದರೂ (ಹೌದು, ಯಾವುದಾದರೂ ಸರಿ, ಕಬ್ಬಿಣ ಅಥವಾ ತಾಮ್ರವೂ ಕೂಡ) ಬಾಷ್ಪವಾಗುತ್ತದೆ. ನಾವು ಈ ಊರ್ಧ್ವಪಾತವನ್ನು ಗುರ್ತಿಸಲಾಗದಿದ್ದರೆ, ಸಂತೃಪ್ತ ಬಾಷ್ಪ ಸಾಂದ್ರತೆಯು ಗಮನಾರ್ಹವಾದುದಲ್ಲವೆಂದೇ ಇದರ ಅರ್ಥ.

ಘನ ಪದಾರ್ಥದೊಡನೆ ಸಮತಾಸ್ಥಿತಿಯಲ್ಲಿರುವಾಗ ಸಂತೃಪ್ತ ಬಾಷ್ಪ ಸಾಂದ್ರತೆಯು ಉಷ್ಣಾಂಶದೊಡನೆ ತೀವ್ರವಾಗಿ ಬೆಳೆಯುತ್ತ ಹೋಗುವುದು (ಚಿತ್ರ 4.10). ಕೊಠಡಿಯ ಉಷ್ಣಾಂಶದಲ್ಲಿ ಹೆಚ್ಚು ವಾಸನೆ ಹೊಂದಿರುವ ಹಲವಾರು ಪದಾರ್ಥಗಳು ಕೆಳಮಟ್ಟದ ಉಷ್ಣಾಂಶಗಳಲ್ಲಿ ಅದನ್ನು ಕಳೆದುಕೊಳ್ಳುವುವು ಎಂಬುದನ್ನು ಮನಗಾಣಬಹುದು.

ಅನೇಕ ಸಂದರ್ಭಗಳಲ್ಲಿ ಒಂದು ಘನ ಪದಾರ್ಥದ ಸಂತೃಪ್ತ ಬಾಷ್ಪ ಸಾಂದ್ರತೆಯನ್ನು ಬಹಳ ಹೆಚ್ಚಿಸಲು ಸಾಧ್ಯವಿಲ್ಲ – ಇದಕ್ಕೆ ಕಾರಣ ಸುಲಭವಾದದ್ದು, ಅದಕ್ಕೆ ಮೊದಲೇ ಪದಾರ್ಥವು ಕರಗುತ್ತದೆ.



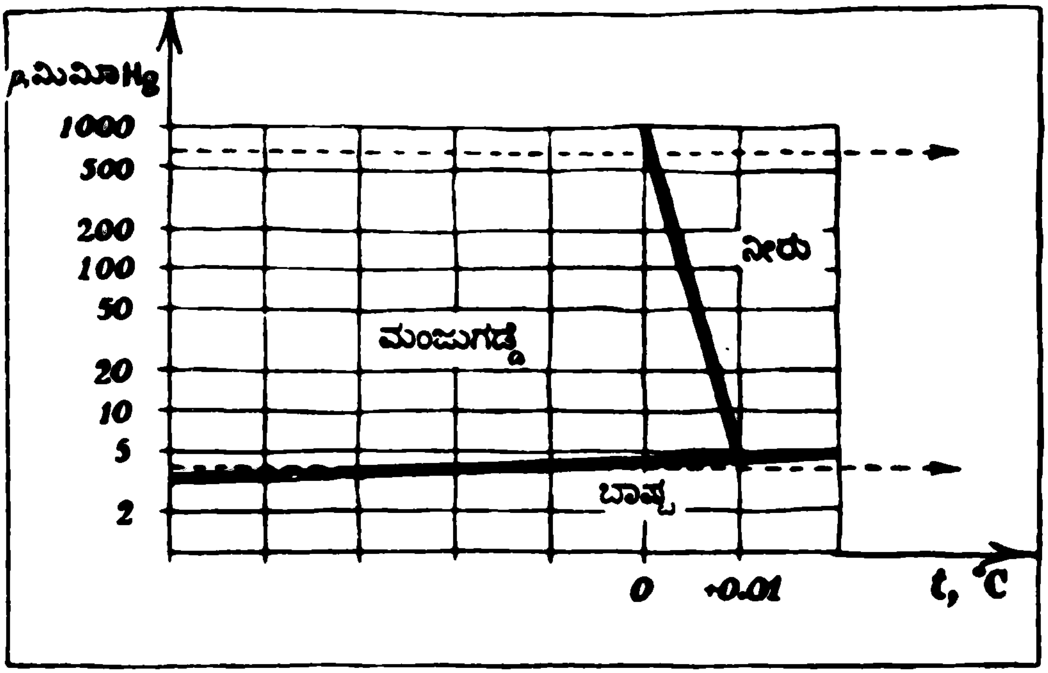

ಚಿತ್ರ 4.10

ಮಂಜುಗಡ್ಡೆ ಕೂಡ ಬಾಷ್ಪವಾಗುತ್ತದೆ – ಹಿಮ ಬೀಳುತ್ತಿರುವಾಗ ಒಗೆದ ಬಟ್ಟೆಗಳನ್ನು ಒಣಗಲು ತೂಗುಹಾಕುವ ಗೃಹಿಣಿಯರಿಗೆ ಇದು ಚೆನ್ನಾಗಿ ಗೊತ್ತಿದೆ. ಮೊಟ್ಟಮೊದಲಿಗೆ, ನೀರು ಘನೀಭವಿಸುತ್ತದೆ, ಆದರೆ ಆಮೇಲೆ ಮಂಜುಗಡ್ಡೆ ಬಾಷ್ಪವಾಗಿ ಬಟ್ಟೆಯು ಒಣಗಿರುತ್ತದೆ.

## ತ್ರಿಬಿಂದು

ಹೀಗಾಗಿ, ಒಂದು ಬಾಷ್ಪ, ಒಂದು ದ್ರವ ಮತ್ತು ಒಂದು ಹರಳು – ಇವು ಎರಡೆರಡು ಜೊತೆಯಾಗಿ ಸಮತಾಸ್ಥಿತಿಯಲ್ಲಿರುವ ಪರಿಸ್ಥಿತಿಗಳಿವೆ.

ಮೂರೂ ಒಟ್ಟಿಗೆ ಸಮತಾಸ್ಥಿತಿಯಲ್ಲಿರುವುದು ಸಾಧ್ಯವೇ ? ಒತ್ತಡ-ಉಷ್ಣಾಂಶದ ರೇಖಾಚಿತ್ರದಲ್ಲಿ ಇಂತಹ ಬಿಂದು ಒಂದು ಇದೆ, ಇದಕ್ಕೆ **ತ್ರಿಬಿಂದು** ಎಂದು ಹೆಸರು. ಅದು ಎಲ್ಲಿದೆ ?




ಚಿತ್ರ 4.11

ನೀರಿನಲ್ಲಿ ತೇಲುತ್ತಿರುವ ಮಂಜುಗಡ್ಡೆಯನ್ನು, ಶೂನ್ಯ ಡಿಗ್ರಿ ಉಷ್ಣಾಂಶ ವಿರುವ ಬಾಯಿಮುಚ್ಚಿದ ಪಾತ್ರೆಯಲ್ಲಿಟ್ಟರೆ, ನೀರು (ಮತ್ತು "ಮಂಜುಗಡ್ಡೆ") ಬಾಷ್ಪವು ಮೇಲಿರುವ ಖಾಲಿ ಪ್ರದೇಶಕ್ಕೆ ಬರಲು ಆರಂಭಿಸುವುದು. 4.6 ಮಿ.ಮೀ. Hg ಒತ್ತಡದಲ್ಲಿ ಬಾಷ್ಪೀಕರಣವು ನಿಲ್ಲುತ್ತದೆ, ಮತ್ತು ಸಂತೃಪ್ತ ಸ್ಥಿತಿಯು ಏರ್ಪಡುತ್ತದೆ. ಈಗ ನೀರು, ಮಂಜುಗಡ್ಡೆ ಮತ್ತು ಬಾಷ್ಪ – ಈ ಮೂರು ಅವಸ್ಥಾವಿಶೇಷಗಳೂ ಸಮತಾಸ್ಥಿತಿಯಲ್ಲಿರುತ್ತವೆ. ಈ ಬಿಂದುವೇ ತ್ರಿಬಿಂದು.

ಚಿತ್ರ 4.11ರಲ್ಲಿ ತೋರಿಸಿರುವ ನೀರಿಗೆ ಸಂಬಂಧಿಸಿದ ರೇಖಾಚಿತ್ರದಿಂದ ವಿವಿಧ ಸ್ಥಿತಿಗಳ ನಡುವಿನ ಸಂಬಂಧಗಳು ಸ್ಪಷ್ಟಪಡುತ್ತವೆ. ಇಂತಹ ಒಂದು ಚಿತ್ರವನ್ನು ಯಾವುದೇ ಪದಾರ್ಥಕ್ಕಾದರೂ ರಚಿಸಬಹುದು.

ಈ ಚಿತ್ರದಲ್ಲಿನ ವಕ್ರರೇಖೆಗಳು ನಮಗೆ ಪರಿಚಿತವಾಗಿವೆ – ಅವು ಮಂಜುಗಡ್ಡೆ ಮತ್ತು ನೀರಿನ ಬಾಷ್ಪ, ಮಂಜುಗಡ್ಡೆ ಮತ್ತು ನೀರು, ಹಾಗೂ ನೀರು ಮತ್ತು ನೀರಿನ

ಬಾಷ್ಪ – ಇವುಗಳ ಸಮತಾಸ್ಥಿತಿಯ ರೇಖೆಗಳು. ವಾಡಿಕೆಯಂತೆ, ಒತ್ತಡವನ್ನು ಊರ್ಧ್ವದಿಕ್ಕಿನ ಅಕ್ಷದಲ್ಲಿಯೂ ಮತ್ತು ಉಷ್ಣಾಂಶವನ್ನು ಕ್ಷಿತಿಜ ದಿಕ್ಕಿನ ಅಕ್ಷದಲ್ಲಿಯೂ ಗುರ್ತಿಸಿದೆ.

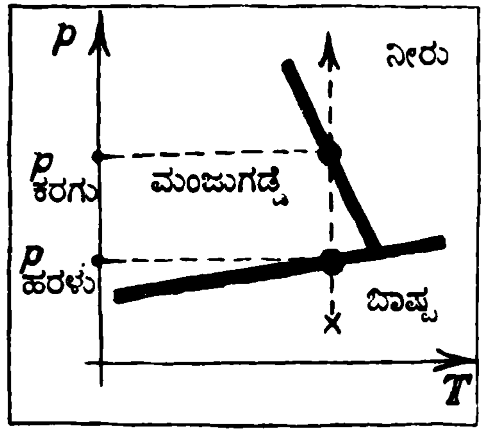
ಮೂರು ವಕ್ರರೇಖೆಗಳೂ ತ್ರಿಬಿಂದುವಿನಲ್ಲಿ ಸಂಧಿಸುತ್ತವೆ ಮತ್ತು ಚಿತ್ರವನ್ನು ಮೂರು ಪ್ರದೇಶಗಳಾಗಿ ವಿಭಾಗಿಸುತ್ತವೆ – ಮಂಜುಗಡ್ಡೆ, ನೀರು ಮತ್ತು ನೀರಿನ ಬಾಷ್ಪ ಇವು ಬಾಳಬಲ್ಲ ಪ್ರದೇಶಗಳು.

ಅವಸ್ಥಾ ಚಿತ್ರವು ಒಂದು ಕೈಪಿಡಿಯಂತೆ. ಅದರ ಉದ್ದೇಶವು ಒಂದು ನಿರ್ದಿಷ್ಟ ಒತ್ತಡ ಮತ್ತು ಉಷ್ಣಾಂಶದಲ್ಲಿ ಒಂದು ಪದಾರ್ಥದ ಯಾವ ಸ್ಥಿತಿಯು ಸ್ಥಿರತೆಯಿಂದಿರುವುದು ಎಂಬುದರ ವಿಷಯವಾಗಿ ಪ್ರಶ್ನೆಗಳಿಗೆ ಉತ್ತರವೀಯುವುದು.

"ಎಡಗಡೆಯ ಪ್ರದೇಶ" ಪರಿಸ್ಥಿತಿಗಳಲ್ಲಿ ನೀರು ಅಥವಾ ನೀರಿನ ಬಾಷ್ಪವನ್ನು ಇಟ್ಟರೆ, ಅದು ಮಂಜುಗಡ್ಡೆಯಾಗುತ್ತದೆ. ನೀರು ಅಥವಾ ಮಂಜುಗಡ್ಡೆಯನ್ನು "ಕೆಳಗಿನ ಪ್ರದೇಶ"ದಲ್ಲಿ ಇಟ್ಟರೆ, ನೀರಿನ ಬಾಷ್ಪವುಂಟಾಗುವುದು. "ಬಲಗಡೆಯ ಪ್ರದೇಶ"ದಲ್ಲಿ ನೀರಿನ ಬಾಷ್ಪವು ದ್ರವವಾಗುತ್ತದೆ ಮತ್ತು ಮಂಜುಗಡ್ಡೆ ಕರಗುತ್ತದೆ.

ಅವಸ್ಥಾ ಚಿತ್ರದ ಸಹಾಯದಿಂದ ಒಂದು ಪದಾರ್ಥವನ್ನು ಕಾಯಿಸಿದರಾಗಲಿ ಅಥವಾ ಸಂಕೋಚಪಡಿಸಿದರಾಗಲಿ ಏನಾಗುವುದು ಎಂಬುದನ್ನು ಕೂಡಲೇ ಹೇಳಬಹುದು. ಅವ್ಯತ್ಯಸ್ತ ಒತ್ತಡದಲ್ಲಿ ಕಾಯಿಸುವುದನ್ನು ಚಿತ್ರದಲ್ಲಿ ಒಂದು ಕ್ಷಿತಿಜ ದಿಕ್ಕಿನ ರೇಖೆಯಿಂದ ನಿರ್ದೇಶಿಸಲಾಗುವುದು. ಪದಾರ್ಥದ ಅವಸ್ಥಾ ವಿಶೇಷವನ್ನು ನಿರ್ದೇಶಿಸುವ ಬಿಂದುವು ಈ ರೇಖೆಯ ಮೇಲೆ ಎಡಗಡೆಯಿಂದ ಬಲಗಡೆಗೆ ಚಲಿಸುತ್ತದೆ.

ಚಿತ್ರದಲ್ಲಿ ಇಂತಹ ಎರಡು ರೇಖೆಗಳನ್ನು ತೋರಿಸಿದೆ. ಇವುಗಳಲ್ಲಿ ಒಂದು ಪ್ರಮಾಣಭೂತ ಒತ್ತಡದಲ್ಲಿ ಕಾಯಿಸುವುದು. ಈ ರೇಖೆಯು ತ್ರಿಬಿಂದುವಿನ ಮೇಲಕ್ಕೆ ಇರುವುದು. ಆದ್ದರಿಂದ ಅದು ಮೊದಲು ಕರಗುವ ಬಿಂದುವಿನ ರೇಖೆಯನ್ನು ಸಂಧಿಸುತ್ತದೆ. ಆಮೇಲೆ, ಚಿತ್ರದ ಮೇಲಿನಿಂದ ಹೊರಗೆ, ಬಾಷ್ಪೀಕರಣದ ರೇಖೆಯನ್ನೂ ಸಂಧಿಸುತ್ತದೆ. ಪ್ರಮಾಣಭೂತ ಒತ್ತಡದಲ್ಲಿ, ಮಂಜುಗಡ್ಡೆ 0 °C




**ಚಿತ್ರ 4.12**

ಉಷ್ಣಾಂಶದಲ್ಲಿ ಕರಗುತ್ತದೆ, ಮತ್ತು ಹಾಗೆ ಉಂಟಾದ ನೀರು 100 °Cಯಲ್ಲಿ ಕುದಿಯುತ್ತದೆ.

ಬಹಳ ಕೆಳಮಟ್ಟದ ಒತ್ತಡದಲ್ಲಿ, 5 ಮಿ.ಮೀ. Hg ಗಿಂತ ಸ್ವಲ್ಪ ಕಡಿಮೆ ಎಂದು ಇಟ್ಟುಕೊಳ್ಳೋಣ, ಮಂಜುಗಡ್ಡೆಯನ್ನು ಕಾಯಿಸಿದಾಗ ವಿದ್ಯಮಾನವು ಬೇರೆ ವಿಧದಾಗಿರುತ್ತದೆ. ಕಾಯಿಸುವ ಕಾರ್ಯಗತಿಯು ತ್ರಿಬಿಂದುವಿನ ಕೆಳಗೆ ಹಾಯುವ ರೇಖೆಯಿಂದ ನಿರ್ದೇಶಿತವಾಗುವುದು. ಕರಗುವ ಬಿಂದು ಮತ್ತು ಕುದಿಕಾವು ಇವುಗಳ ರೇಖೆಗಳು ಈ ರೇಖೆಯನ್ನು ಸಂಧಿಸುವುದಿಲ್ಲ. ಗಣನೆಗೆಬಾರದ ಇಷ್ಟು ಕಡಿಮೆ ಒತ್ತಡವಲ್ಲಿ ಕಾಯಿಸುವುದರಿಂದ ಮಂಜುಗಡ್ಡೆ ನೇರವಾಗಿ ನೀರಿನ ಬಾಷ್ಪವಾಗುತ್ತದೆ.

ಚಿತ್ರ 4.12ರಲ್ಲಿ ಆ ಚಿತ್ರದಲ್ಲಿ ಒಂದು ಕತ್ತರಿ ಗುರುತಿನಿಂದ ನಿರ್ದೇಶಿಸಿರುವ ಸ್ಥಿತಿಯಲ್ಲಿರುವ ನೀರಿನ ಬಾಷ್ಪವನ್ನು ಸಂಕೋಚಪಡಿಸಿದಾಗ ಎಂತಹ ಕುತೂಹಲಕರವಾದ ವಿದ್ಯಮಾನವೇರ್ಪಡುವುದು ಎಂಬುದನ್ನು ಇದೇ ಚಿತ್ರವು ತೋರಿಸುವುದು. ಬಾಷ್ಪವು ಮೊದಲು ಮಂಜುಗಡ್ಡೆಯಾಗುವುದು, ಇದು ಆಮೇಲೆ ಕರಗುವುದು. ಯಾವ ಒತ್ತಡವಲ್ಲಿ ಹರಳುಗಳ ಬೆಳವಣಿಗೆಯು ಆರಂಭವಾಗುವುದು ಮತ್ತು ಯಾವಾಗ ಕರಗುವುದು ಎಂಬುದನ್ನು ಚಿತ್ರದ ಸಹಾಯದಿಂದ ಕೂಡಲೇ ಹೇಳಬಹುದು.

ಎಲ್ಲಾ ಪದಾರ್ಥಗಳ ಅವಸ್ಥಾ ಚಿತ್ರಗಳೂ ಒಂದಕ್ಕೊಂದು ಹೋಲುತ್ತವೆ. ನಿತ್ಯಗಟ್ಟಳೆಯ ದೃಷ್ಟಿಯಲ್ಲಿ, ಗಣನೀಯವಾದ ವ್ಯತ್ಯಾಸಗಳು ಏರ್ಪಡುವುವು. ಏಕೆಂದರೆ ಚಿತ್ರದಲ್ಲಿ ತ್ರಿಬಿಂದುವಿನ ಸ್ಥಾನವು ಬೇರೆ ಬೇರೆ ಪದಾರ್ಥಗಳಿಗೆ ಬಹುವಿಧ ವಾಗಿರಬಹುದು.

ಹೇಗಾದರೂ ಇರಲಿ, ನಾವು "ಪ್ರಮಾಣಭೂತ" ಪರಿಸ್ಥಿತಿಗೆ ಅತಿ ಸಮೀಪದ ಪರಿಸ್ಥಿತಿಗಳಲ್ಲಿ ತಾನೆ ಇರುತ್ತೇವೆ, ಅಂದರೆ, ಮೊದಲಿಗೆ ಒಂದು ವಾಯುಮಂಡಲಕ್ಕೆ ಸಮೀಪದ ಒತ್ತಡದಲ್ಲಿ. ಪ್ರಮಾಣಭೂತ ಒತ್ತಡದ ರೇಖೆಗೆ ಸಂಬಂಧಿಸಿ ಒಂದು ಪದಾರ್ಥದ ತ್ರಿಬಿಂದುವಿನ ಸ್ಥಾನವು ಇರುವ ರೀತಿಯು ನಮಗೆ ಬಹು ಮುಖ್ಯ ವಾಗಿರುವುದು.

ತ್ರಿಬಿಂದುವಿನಲ್ಲಿ ಒತ್ತಡವು ವಾಯುಮಂಡಲದ ಒತ್ತಡಕ್ಕಿಂತ ಕಡಿಮೆಯಾಗಿದ್ದರೆ, ಆಗ, "ಪ್ರಮಾಣಭೂತ" ಪರಿಸ್ಥಿತಿಗಳಲ್ಲಿ ಜೀವಿಸುತ್ತಿರುವ ನಮಗೆ, ಪದಾರ್ಥವು ಕರಗುವ ಪದಾರ್ಥಗಳಲ್ಲಿ ಒಂದು. ಉಷ್ಣಾಂಶವು ಹೆಚ್ಚುತ್ತಾ ಹೋದರೆ, ಅದು ಮೊದಲು ದ್ರವವಾಗಿ ಪರಿವರ್ತನೆ ಹೊಂದಿ, ಆಮೇಲೆ ಕುದಿಯುತ್ತದೆ.

ಇದಕ್ಕೆ ಪ್ರತಿಯಾಗಿ, ತ್ರಿಬಿಂದುವಿನಲ್ಲಿನ ಒತ್ತಡವು ವಾಯುಮಂಡಲ ಒತ್ತಡಕ್ಕಿಂತ ಹೆಚ್ಚಾಗಿದ್ದರೆ, ಪದಾರ್ಥವನ್ನು ಕಾಯಿಸಿದಾಗ ನಾವು ಯಾವುದೇ ದ್ರವವನ್ನು ಕಾಣುವುದಿಲ್ಲ. ಏಕೆಂದರೆ ಘನ ಪದಾರ್ಥವು ನೇರವಾಗಿ ಬಾಷ್ಪವಾಗುತ್ತದೆ. "ಒಣಗಿದ ಮಂಜುಗಡ್ಡೆಯ" ನಡತೆಯು ಹೀಗೆಯೇ ಇರುವುದು, ಇದು ಐಸ್ಕ್ರೀಮ್ ಮಾರಾಟಗಾರರಿಗೆ ಬಹಳ ಅನುಕೂಲವಾದುದು. ಐಸ್ಕ್ರೀಮಿನ ಭಾಗಗಳ ನಡುವೆ ಅವರು "ಒಣಗಿದ ಮಂಜುಗಡ್ಡೆ"ಯನ್ನು, ಐಸ್ಕ್ರೀಮ್ ಒದ್ದೆಯಾಗುವುದೆಂಬ ಭಯವಿಲ್ಲದೆ ಸೇರಿಸಬಹುದು. "ಒಣಗಿದ ಮಂಜುಗಡ್ಡೆ"ಯು ಘನರೂಪದ ಕಾರ್ಬನ್ ಡೈಯಾಕ್ಸೈಡ್, $CO_2$. ಅದರ ತ್ರಿಬಿಂದುವು 73 atmನಲ್ಲಿ ಇರುತ್ತದೆ. ಆದ್ದರಿಂದ ಘನರೂಪದ $CO_2$ಅನ್ನು ಕಾಯಿಸಿದರೆ, ಅದರ ಸ್ಥಿತಿಯನ್ನು ನಿರ್ದೇಶಿಸುವ ಬಿಂದುವು ಆ ಪದಾರ್ಥದ ಬಾಷ್ಪೀಕರಣದ ರೇಖೆಯನ್ನು ಮಾತ್ರ ಸಂಧಿಸುವ ಒಂದು ಕ್ಷಿತಿಜ ದಿಕ್ಕಿನ ರೇಖೆಯಲ್ಲಿ ಚಲಿಸುತ್ತದೆ (5 ಮಿ.ಮೀ. Hg ಒತ್ತಡದಲ್ಲಿ ಸಾಮಾನ್ಯ ಮಂಜುಗಡ್ಡೆಯಂತೆ).

ಕೆಲ್ವಿನ್ ಮಾನದಲ್ಲಿ (SI ಪದ್ಧತಿಯಲ್ಲಿ ಇದನ್ನು kelvin ಎಂದೇ ಕರೆಯಬೇಕು) ಉಷ್ಣಾಂಶದ ಒಂದು ಡಿಗ್ರಿಯನ್ನು ಹೇಗೆ ಕಂಡುಹಿಡಿಯಲಾಗುವುದು ಎಂಬುದನ್ನು ಆಗಲೇ ವಿವರಿಸಿದ್ದೇವೆ. ಉಷ್ಣಾಂಶಗಳ ನಿರ್ದೇಶಕ್ಕೆ ಸಂಬಂಧಪಟ್ಟ ತತ್ವವೇ ಅಲ್ಲಿನ ಚರ್ಚಾ ವಿಷಯವಾಗಿದ್ದಿತು. ಆದರೆ ಎಲ್ಲಾ ಹವಾಮಾನ ವಿಜ್ಞಾನ ಸಂಸ್ಥೆಗಳೂ ಆದರ್ಶ ಅನಿಲ ಉಷ್ಣಮಾಪಕಗಳನ್ನು ಪಡೆದಿರುವುದಿಲ್ಲ. ಅದರಿಂದಾಗಿ ಒಂದು ಉಷ್ಣಾಂಶ ಮಾನಪಟ್ಟಿಯನ್ನು ಸ್ಥಾಪಿಸುವುದಕ್ಕೆ ಪದಾರ್ಥಗಳ ವಿವಿಧ ಸ್ಥಿತಿಗಳ ನಡುವಿನ ಪ್ರಕೃತಿಸಿದ್ಧ ಸಮತಾಸ್ಥಿತಿಯ ಬಿಂದುಗಳನ್ನು ಉಪಯೋಗಿಸಿಕೊಳ್ಳಲಾಗುವುದು.

ಈ ಸಂಬಂಧದಲ್ಲಿ ನೀರಿನ ತ್ರಿಬಿಂದುವಿಗೆ ವಿಶಿಷ್ಟವಾದ ಪ್ರಾಮುಖ್ಯತೆ ಇದೆ. ನೀರಿನ ತ್ರಿಬಿಂದುವಿನ ಉಷ್ಣಬಲಕ್ರಿಯಾ ಶಾಸ್ತ್ರೀಯ ಉಷ್ಣಾಂಶದ 1/273.16ನೇ ಭಾಗವು ಒಂದು ಕೆಲ್ವಿನ್ ಎಂದು ನಿರ್ಧರಿಸಲಾಗಿದೆ. ಆಮ್ಲಜನಕದ ತ್ರಿಬಿಂದುವು 54.361 Kಗೆ ಸಮ ಎಂದು ನಿರ್ಧರಿಸಲಾಗಿದೆ. ಚಿನ್ನದ ಘನೀಭವಿಸುವ ಬಿಂದುವು 1337.58 Kಗೆ ಸಮವಾಗಿರುವುದು. ಈ ಆಧಾರ ಬಿಂದುಗಳನ್ನು ಉಪಯೋಗಿಸಿ ಯಾವ ಉಷ್ಣಮಾಪಕವನ್ನೂ ಅಳತೆ ಸಂಖ್ಯೆಗಳಿಂದ ಗುರುತು ಮಾಡಬಹುದು.

## ಒಂದೇ ಪರಮಾಣುಗಳು ಆದರೆ ಬೇರೆ ಹರಳುಗಳು

ನಾವು ಬರೆಯುವ ಮಸುಕಾದ, ಮೆತ್ತನೆಯ ಗ್ರಾಫೈಟ್ ಮತ್ತು ಪ್ರಕಾಶಿಸುವುದೂ, ಪಾರದರ್ಶಕವೂ, ಗಟ್ಟಿಯಾದುದೂ, ಗಾಜನ್ನು ಕತ್ತರಿಸಬಲ್ಲದೂ ಆದ ವಜ್ರ ಇವೆರಡೂ ಒಂದೇ ವಿಧದ ಪರಮಾಣುಗಳಿಂದ ರಚಿತವಾಗಿವೆ – ಇಂಗಾಲದ ಪರಮಾಣುಗಳು. ಒಂದೇ ರಚನೆ ಇರುವ ಈ ಎರಡು ಪದಾರ್ಥಗಳ ಗುಣಗಳಲ್ಲಿ ಇಷ್ಟು ವ್ಯತ್ಯಾಸಗಳಿರುವ ಕಾರಣವೇನು ?

ತೆಳು ಚಕ್ಕೆರೂಪದಲ್ಲಿರುವ ಗ್ರಾಫೈಟಿನ ಜಾಲಕವನ್ನು ಜ್ಞಾಪಿಸಿಕೊಳ್ಳಿರಿ. ಇದರ ಪ್ರತಿಯೊಂದು ಪರಮಾಣುವಿಗೂ ಕನಿಷ್ಠಪಕ್ಷ ಮೂರು ಅಕ್ಕಪಕ್ಕದ ಪರಮಾಣುಗಳಿವೆ ಮತ್ತು ವಜ್ರದ ಜಾಲಕದಲ್ಲಿ ಪರಮಾಣುಗಳು ನಾಲ್ಕು ಅಕ್ಕಪಕ್ಕದವುಗಳನ್ನು ಹೊಂದಿರುತ್ತವೆ. ಈ ದೃಷ್ಟಾಂತದಿಂದ ಹರಳುಗಳ ಗುಣಗಳು ಅವುಗಳ

ಪರಮಾಣುಗಳ ಪರಸ್ಪರ ಜೋಡಣಾಕ್ರಮವನ್ನು ಅವಲಂಬಿಸಿರುವುವು ಎಂಬುದು ಸ್ಪಷ್ಟವಾಗುವುದು. ಎರಡು ಅಥವಾ ಮೂರು ಸಾವಿರ ಡಿಗ್ರಿಗಳ ಉಷ್ಣಾಂಶಗಳನ್ನು ತಡೆದುಕೊಳ್ಳಬಲ್ಲ ಅಗ್ನಿನಿರೋಧಕ ಮೂಸೆಗಳು ಗ್ರಾಫೈಟಿನಿಂದ ಮಾಡಲ್ಪಟ್ಟಿವೆ, ಆದರೆ ವಜ್ರವು 700 °Cಗಿಂತ ಹೆಚ್ಚು ಉಷ್ಣಾಂಶದಲ್ಲಿ ಉರಿಯುತ್ತದೆ; ವಜ್ರದ ವಿಶಿಷ್ಟ ಗುರುತ್ವವು 3.5, ಗ್ರಾಫೈಟಿನದು 2.3; ಗ್ರಾಫೈಟು ವಿದ್ಯುದ್ವಾಹಕ, ಆದರೆ ವಜ್ರವು ಅಲ್ಲ –ಹೀಗೆ.

ಹೀಗೆ ವಿವಿಧ ಹರಳುಗಳನ್ನುಂಟುಮಾಡುವ ಗುಣವನ್ನು ಹೊಂದಿರುವುದು ಇಂಗಾಲ ಒಂದೇ ಅಲ್ಲ. ಹೆಚ್ಚು ಕಡಿಮೆ ಎಲ್ಲಾ ರಾಸಾಯನಿಕ ಮೂಲಧಾತುಗಳೂ, ಮೂಲಧಾತುಗಳೇ ಅಲ್ಲದೆ ಯಾವುದೇ ರಾಸಾಯನಿಕ ಪದಾರ್ಥವೂ ಕೂಡ, ಬಹು ವಿಧದ ಜಾತಿಗಳಲ್ಲಿ ಇರಬಲ್ಲವು. ಮಂಜುಗಡ್ಡೆಯ ಆರು ಜಾತಿ, ಗಂಧಕದ ಒಂಬತ್ತು ಜಾತಿ ಮತ್ತು ಕಬ್ಬಿಣದ ನಾಲ್ಕು ಜಾತಿ ಕಂಡುಬಂದಿವೆ.

ಅವಸ್ಥಾ ಚಿತ್ರವನ್ನು ಚರ್ಚಿಸುವಾಗ, ನಾವು ಹರಳುಗಳ ವಿವಿಧ ಜಾತಿಗಳ ವಿಚಾರವಾಗಿ ಹೇಳಲಿಲ್ಲ, ಆದರೆ ಘನಪದಾರ್ಥಕ್ಕಾಗಿ ಒಂದೇ ಪ್ರದೇಶವನ್ನು ಎಳೆದು ತೋರಿಸಿದೆವು. ಆದರೆ ಬಹುಸಂಖ್ಯೆಯ ಪದಾರ್ಥಗಳಿಗೆ, ಈ ಪ್ರದೇಶವನ್ನು ಆ ಘನ ಪದಾರ್ಥದ ಪ್ರತಿ ಒಂದು ನಿರ್ದಿಷ್ಟ "ಜಾತಿ"ಗೂ ಸಂಬಂಧಿಸಿರುವ ಭಾಗಗಳಾಗಿ ವಿಭಾಗಿಸಬೇಕು, ಅಥವಾ, ಸಾಮಾನ್ಯವಾಗಿ ಹೇಳುವಂತೆ, ಒಂದು ನಿರ್ದಿಷ್ಟ ಘನ ಅವಸ್ಥಾ ಸ್ಥಿತಿ (ಒಂದು ನಿರ್ದಿಷ್ಟವಾದ ಹರಳಿನ ರೂಪಾಂತರ).

ಪ್ರತಿ ಒಂದು ಹರಳಿನ ಅವಸ್ಥಾಸ್ಥಿತಿಯೂ ತನ್ನದೇ ಆದ ಮತ್ತು ನಿರ್ದಿಷ್ಟವಾದ ಒತ್ತಡ ಮತ್ತು ಉಷ್ಣಾಂಶಗಳ ಅಂತರಗಳಿಂದ ಸೀಮಿತವಾದ ಸ್ಥಾಯಿಸ್ಥಿತಿಯ ಪ್ರದೇಶವನ್ನು ಹೊಂದಿರುತ್ತದೆ. ಒಂದು ಹರಳು ಜಾತಿಯು ಮತ್ತೊಂದಕ್ಕೆ ಮಾರ್ಪಡುವುದರ ನಿಯಮಗಳು ಕರಗುವಿಕೆಯ ಮತ್ತು ಬಾಷ್ಪೀಕರಣದ ನಿಯಮಗಳೇ ಆಗಿರುವುವು.

ಯಾವುದೇ ಒತ್ತಡವನ್ನು ಗೊತ್ತುಮಾಡಿಕೊಂಡರೆ, ಎರಡು ಜಾತಿಯ ಹರಳುಗಳೂ ಶಾಂತರೀತಿಯಿಂದ ಒಟ್ಟಿಗೆ ಇರಲಾಗುವ ಒಂದು ಉಷ್ಣಾಂಶವನ್ನು ನಿರ್ಣಯಿಸಬಹುದು. ಉಷ್ಣಾಂಶವನ್ನು ಹೆಚ್ಚಿಸಿದರೆ, ಒಂದು ಜಾತಿಯ ಹರಳು

ಮತ್ತೊಂದು ಜಾತಿಯ ಹರಳಾಗಿ ಮಾರ್ಪಡುವುದು. ಉಷ್ಣಾಂಶವನ್ನು ಕಡಿಮೆ ಮಾಡಿದರೆ, ಇದರ ವಿರುದ್ಧ ರೀತಿಯ ಮಾರ್ಪಾಟು ಸಂಭವಿಸುವುದು.

ಪ್ರಮಾಣಭೂತ ಒತ್ತಡದಲ್ಲಿ ಕೆಂಪು ಗಂಧಕವನ್ನು ಹಳದಿಯ ಜಾತಿಗೆ ಮಾರ್ಪಡಿಸಲು 110 °C ಗಿಂತ ಕಡಿಮೆಯಾದ ಉಷ್ಣಾಂಶವಿರಬೇಕು. ಇದಕ್ಕಿಂತ ಹೆಚ್ಚು ಉಷ್ಣಾಂಶದಲ್ಲಿ, ಕರಗುವ ಬಿಂದುವಿನವರೆಗೂ, ಕೆಂಪು ಗಂಧಕದಲ್ಲಿನ ವಿಶಿಷ್ಟ ವಾದ ಪರಮಾಣುಗಳ ಹಂಚಿಕೆಯ ಕ್ರಮವು ಸ್ಥಾಯಿಯಾಗಿರುವುದು. ಉಷ್ಣಾಂಶವು ಇಳಿದಾಗ ಪರಮಾಣುಗಳ ಆಂದೋಲನಗಳು ಕಡಿಮೆಯಾಗುತ್ತವೆ ಮತ್ತು 110 °C ಯಿಂದ ಆರಂಭಿಸಿ, ಪರಮಾಣುಗಳ ಹಂಚಿಕೆಗೆ ಹೆಚ್ಚು ಅನುಕೂಲವಾದ ಕ್ರಮವನ್ನು ಪ್ರಕೃತಿಯು ಕಂಡುಹಿಡಿಯುತ್ತದೆ. ಒಂದು ಹರಳು ಮತ್ತೊಂದಾಗಿ ಪರಿವರ್ತನೆ ಯಾಗುವುದು.

ಮಂಜುಗಡ್ಡೆಯ ಆರು ಜಾತಿಗಳಿಗೆ ಬೇರೆ ಬೇರೆ ಹೆಸರುಗಳನ್ನು ಯಾರೂ ಯೋಚಿಸಿಲ್ಲ. ಬೇಕಾದಾಗ ಮಂಜುಗಡ್ಡೆ ಒಂದು, ಮಂಜುಗಡ್ಡೆ ಎರಡು...ಮಂಜು ಗಡ್ಡೆ ಏಳು ಎಂದು ಹೇಳುತ್ತೇವೆ. ಆರು ಜಾತಿಗಳೇ ಇರುವಾಗ, ಏಳು ಎಲ್ಲಿಂದ ಬಂದಿತು ? ಇದಕ್ಕೆ ಕಾರಣವೇನೆಂದರೆ ಅನೇಕ ಬಾರಿ ಪುನಃಪುನಃ ನಡೆಸಿದ ಪ್ರಯೋಗ ಗಳಿಂದಲೂ ಮಂಜುಗಡ್ಡೆ ನಾಲ್ಕನ್ನು ಕಂಡುಹಿಡಿಯಲಾಗಲಿಲ್ಲ.

ಸುಮಾರು ಶೂನ್ಯಮಟ್ಟದ ಉಷ್ಣಾಂಶದಲ್ಲಿ ನೀರನ್ನು ಸಂಕೋಚಿಸಿದರೆ, ಸುಮಾರು 2000 ವಾ.ಮಂ. ಒತ್ತಡದಲ್ಲಿ ಮಂಜುಗಡ್ಡೆ ಐದು ಉಂಟಾಗುವುದು ಮತ್ತು ಸುಮಾರು 6000 ವಾ.ಮಂ. ಒತ್ತಡದಲ್ಲಿ ಮಂಜುಗಡ್ಡೆ ಆರು ಉಂಟಾಗು ವುದು.

ಮಂಜುಗಡ್ಡೆ ಎರಡು ಮತ್ತು ಮಂಜುಗಡ್ಡೆ ಮೂರು ಇವು ಸೆಂಟಿಗ್ರೇಡ್ ಶೂನ್ಯ ಡಿಗ್ರಿಗೆ ಕೆಳಗೆ ಸ್ಥಾಯೀ ಸ್ಥಿತಿಯಲ್ಲಿರುವುವು.

ಮಂಜುಗಡ್ಡೆ ಏಳು ಒಂದು ಬಿಸಿಯಾದ ಮಂಜುಗಡ್ಡೆ; ಬಿಸಿ ನೀರನ್ನು ಸುಮಾರು 20 000 ವಾ.ಮಂ. ಒತ್ತಡಕ್ಕೆ ಗುರಿಪಡಿಸಿದರೆ ಅದು ಪ್ರಾಪ್ತವಾಗು ವುದು.

ಸಾಮಾನ್ಯ ಮಂಜುಗಡ್ಡೆ ಬಿಟ್ಟು, ಉಳಿದ ಎಲ್ಲಾ ಮಂಜುಗಡ್ಡೆಗಳೂ ನೀರಿ

ಗಿಂತ ಭಾರವಾಗಿರುವುವು. ಪ್ರಮಾಣಭೂತ ಪರಿಸ್ಥಿತಿಗಳಲ್ಲಿ ಗಳಿಸಲ್ಪಟ್ಟ ಮಂಜು ಗಡ್ಡೆ ಅಸಂಬದ್ಧ ರೀತಿಯಲ್ಲಿ ವರ್ತಿಸುತ್ತದೆ; ಇದಕ್ಕೆ ವಿರುದ್ಧವಾಗಿ, ಪ್ರಮಾಣಭೂತ ವಲ್ಲದ ಪರಿಸ್ಥಿತಿಗಳಲ್ಲಿ ತಯಾರಿಸಿದ ಮಂಜುಗಡ್ಡೆ ಕ್ರಮಬದ್ಧ ರೀತಿಯಲ್ಲಿ ವರ್ತಿಸು ತ್ತದೆ.

ಹರಳಿನ ಪ್ರತಿ ಒಂದು ಮಾರ್ಪಾಟೂ ಒಂದು ನಿರ್ದಿಷ್ಟವಾದ ಅಸ್ತಿತ್ವ ಪ್ರದೇಶ ದಿಂದ ನಿರ್ದೇಶಿಸಲ್ಪಡುತ್ತದೆ ಎಂದು ಹೇಳುತ್ತೇವೆ. ಹೀಗಾದರೆ, ಗ್ರಾಫೈಟ್ ಮತ್ತು ವಜ್ರ ಇವೆರಡೂ ಒಂದೇ ವಿಧವಾದ ಪರಿಸ್ಥಿತಿಗಳಲ್ಲಿ ಇರುವುದು ಹೇಗೆ ಸಾಧ್ಯ ?

ಹರಳುಗಳ ಪ್ರಪಂಚದಲ್ಲಿ ಈ ವಿಧದ "ಸ್ವೇಚ್ಛಾವರ್ತನೆ" ಅನೇಕವಾಗಿ ದೊರಕು ವುದು. "ಪರಕೀಯ" ಪರಿಸ್ಥಿತಿಗಳಲ್ಲಿ ಬಾಳಬಲ್ಲ ಶಕ್ತಿಯು ಹರಳುಗಳ ಒಂದು ನಿಯಮವೆಂದೇ ಹೇಳಬಹುದು. ಒಂದು ಬಾಷ್ಪವನ್ನಾಗಲಿ ಅಥವಾ ದ್ರವವನ್ನಾಗಲಿ ಪರಕೀಯ ಅಸ್ತಿತ್ವ ಪ್ರದೇಶಗಳಿಗೆ ವರ್ಗಮಾಡಲು ವಿಧವಿಧ ಯುಕ್ತಿಗಳನ್ನು ಹುಡುಕ ಬೇಕಾಗುವುದು. ಆದರೆ ಒಂದು ಹರಳು ಅದಕ್ಕೆ ಪ್ರಕೃತಿಯಿಂದ ನಿರ್ದೇಶಿಸಲ್ಪಟ್ಟ ಎಲ್ಲೆಗಳೊಳಗೇ ಇರುವಂತೆ ಬಲಾತ್ಕರಿಸುವುದು ಬಹುಮಟ್ಟಿಗೆ ಸಾಧ್ಯವೇ ಇಲ್ಲ.

ಹರಳುಗಳನ್ನು ಅತಿತಪ್ತ ಮತ್ತು ಅತಿಶೀತಪಡಿಸುವುದನ್ನು ಅತಿ ನಿಬಿಡ ತೆಯ ಪರಿಸ್ಥಿತಿಗಳಲ್ಲಿ ಒಂದು ಕ್ರಮವನ್ನು ಮತ್ತೊಂದಕ್ಕೆ ಪರಿವರ್ತಿಸಲು ಇರುವ ಕಷ್ಟದಿಂದ ಅರ್ಥಮಾಡಿಕೊಳ್ಳಬಹುದು. ಹಳದಿ ಗಂಧಕವು 95.5 °Cಯಲ್ಲಿ ಕೆಂಪು ಗಂಧಕವಾಗಿ ಮಾರ್ಪಡಬೇಕು. ಹೆಚ್ಚು ಅಥವಾ ಕಡಿಮೆ ತೀವ್ರವಾಗಿ ಬಿಸಿ ಮಾಡುವಾಗ ಈ ಮಾರ್ಪಾಟಿನ ಬಿಂದುವನ್ನು ದಾಟಿ "ಜಾರುತ್ತೇವೆ" ಮತ್ತು 113 °Cವರೆಗೆ ದೂಡುತ್ತೇವೆ.

ನಿಜವಾದ ಮಾರ್ಪಾಟಿನ ಬಿಂದುವನ್ನು ಗುರ್ತಿಸುವುದು ಬೇರೆ ಬೇರೆ ಹರಳು ಗಳು ಪರಸ್ಪರ ಮುಟ್ಟುತ್ತಿರುವಾಗ ಬಹಳ ಸುಲಭ. ಒಂದನ್ನು ಮತ್ತೊಂದಕ್ಕೆ ತಗುಲುವ ಹಾಗೆ ಇಟ್ಟು 96 °C ಉಷ್ಣಾಂಶವು ಇರುವ ಹಾಗೆ ಏರ್ಪಡಿಸಿದರೆ, ಹಳದಿ ಗಂಧಕವನ್ನು ಕೆಂಪು ಗಂಧಕವು ತಿಂದುಹಾಕುತ್ತದೆ, ಆದರೆ 95 °Cನಲ್ಲಿ ಹಳದಿ ಗಂಧಕವು ಕೆಂಪನ್ನು ನುಂಗುತ್ತದೆ. "ಹರಳು-ದ್ರವ" ಪರಿವರ್ತನೆಯು ಹಾಗಲ್ಲದೆ,

"ಹರಳು–ಹರಳು" ಪರಿವರ್ತನೆಯು ಸಾಮಾನ್ಯವಾಗಿ ಅತಿಶೀತಪಡಿಸುವಾಗಿರುವಂತೆಯೇ ಅತಿತಪ್ತಪಡಿಸುವ ಕಾಲದಲ್ಲಿ ತಡವಾಗುತ್ತದೆ.

ಹಲವು ಸಂದರ್ಭಗಳಲ್ಲಿ, ಒಂದು ಪದಾರ್ಥದ ಸಂಪೂರ್ಣ ಬೇರೆ ಬೇರೆಯಾದ ಉಷ್ಣಾಂಶಗಳಿರುವ ಸ್ಥಿತಿಗಳನ್ನು ಕಾಣುತ್ತೇವೆ.

ಉಷ್ಣಾಂಶವು 13 °Cಗೆ ಇಳಿದಾಗ ಬಿಳಿ ತವರವು ಬೂದು ಬಣ್ಣದ್ದಾಗಿ ತಿರುಗಬೇಕು. ನಾವು ಸಾಮಾನ್ಯವಾಗಿ ಬಿಳಿ ತವರದಿಂದ ಮಾಡಿದ ಸಾಮಾನುಗಳನ್ನು ಉಪಯೋಗಿಸುತ್ತೇವೆ ಮತ್ತು ಚಳಿಗಾಲದಲ್ಲಿ ಅದಕ್ಕೆ ಏನೂ ಆಗುವುದಿಲ್ಲವೆಂದು ನಮಗೆ ಗೊತ್ತು. ಬಿಳಿ ತವರವು 20–30 ಡಿಗ್ರಿಗಳ ಅತಿ ಶೀತತೆಯನ್ನು ಬಹಳ ಚೆನ್ನಾಗಿ ತಡೆಯಬಲ್ಲದು. ಆದರೆ ಅತಿ ತೀವ್ರವಾದ ಚಳಿಗಾಲದಲ್ಲಿ ಬಿಳಿ ತವರ ಬೂದು ಬಣ್ಣದ್ದಾಗಿ ಮಾರ್ಪಡುತ್ತದೆ. ಈ ವಿಷಯದ ಅರಿವಿಲ್ಲದಿದ್ದುದು ಸ್ಕಾಟ್‌ನ ದಕ್ಷಿಣ ಧ್ರುವದ ಸಂಶೋಧನಾ ಯಾತ್ರೆ (1912) ನಾಶವಾಗಲು ಒಂದು ಕಾರಣವಾಗಿದ್ದಿತು. ಯಾತ್ರಿಕರು ತಮ್ಮ ಜೊತೆಯಲ್ಲಿ ತೆಗೆದುಕೊಂಡು ಹೋದ ದ್ರವರೂಪದ ಇಂಧನವನ್ನು ತವರದಿಂದ ಬೆಸೆದಿದ್ದ ಪಾತ್ರೆಗಳಲ್ಲಿ ಇಡಲಾಗಿತ್ತು. ಅತಿ ತೀವ್ರವಾದ ಹಿಮಪಾತವಾದಾಗ, ಬಿಳಿ ತವರವು ಬೂದು ಪುಡಿಯಾಗಿ ಮಾರ್ಪಟ್ಟಿತು, ಪಾತ್ರೆಗಳ ಬೆಸಗೆ ಬಿಟ್ಟುಹೋಗಿ ಇಂಧನವು ಸುರಿದುಹೊಯ್ತು. ಬಿಳಿ ತವರದ ಮೇಲೆ ಕಾಣಿಸಿಕೊಳ್ಳುವ ಬೂದು ಚುಕ್ಕೆಗಳನ್ನು ತವರದ ಪ್ಲೇಗ್ ಎಂದು ಕರೆಯುವುದಕ್ಕೆ ಕಾರಣವಿಲ್ಲದೆ ಇಲ್ಲ.

ಗಂಧಕದ ವಿಷಯದಲ್ಲಿನಂತೆಯೇ, ಬಿಳಿಯ ತವರವನ್ನು 13 °C ಗಿಂತ ಕಡಿಮೆ ಉಷ್ಣಾಂಶದಲ್ಲಿಯೇ ಬೂದು ಬಣ್ಣದ್ದಾಗಿ ಮಾರ್ಪಡಿಸಬಹುದು. ತವರದ ಸಾಮಾನಿನ ಮೇಲೆ ಬೂದು ಜಾತಿಯ ತವರದ ಸಣ್ಣ ಕಣವೊಂದು ಬಿದ್ದಾಗ ಹೀಗಾಗುವುದು.

ಒಂದೇ ಪದಾರ್ಥದ ವಿವಿಧ ಜಾತಿಗಳಿರುವಿಕೆಯೂ ಮತ್ತು ಅವುಗಳ ನಡುವಿನ ಪರಸ್ಪರ ಮಾರ್ಪಾಟುಗಳಾಗುವುದರಲ್ಲಿನ ತಡವಾಗುವಿಕೆಯೂ ಔದ್ಯೋಗಿಕ ವಿಜ್ಞಾನದಲ್ಲಿ ಮಹತ್ವಪೂರಿತವಾಗಿರುವುವು.

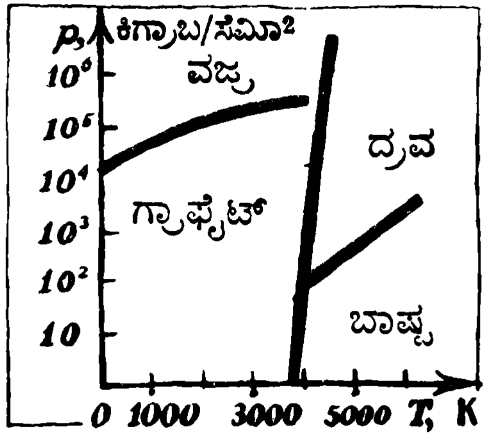
ಕೊಠಡಿಯ ಉಷ್ಣಾಂಶದಲ್ಲಿ, ಕಬ್ಬಿಣದ ಪರಮಾಣುಗಳು ಒಂದು ಅಂತಃ

ಕೇಂದ್ರಿತ ಘನಾಕೃತಿಯ ಜಾಲಕವನ್ನು ರಚಿಸಿ, ಪ್ರತಿ ಘನಾಕೃತಿಯ ಶೃಂಗಗಳು ಮತ್ತು ಕೇಂದ್ರ ಇವುಗಳಲ್ಲಿ ನೆಲಸಿರುತ್ತವೆ. ಬಹು ಹೆಚ್ಚುಮಟ್ಟದ ಉಷ್ಣಾಂಶದಲ್ಲಿ ಕಬ್ಬಿಣದ ಪರಮಾಣುಗಳು ಇದಕ್ಕಿಂತ ಒತ್ತಾಗಿ ಅಡಕವಾಗಿರುತ್ತವೆ – ಪ್ರತಿ ಪರಮಾಣುವೂ 12 ನೆರೆಹೊರೆಯವುಗಳನ್ನು ಹೊಂದಿರುತ್ತದೆ. ಪ್ರತಿ ಪರಮಾಣುವಿಗೂ 8 ನೆರೆಹೊರೆಯ ಕಬ್ಬಿಣವು ಮೃದುವಾಗಿರುತ್ತದೆ; 12 ನೆರೆಹೊರೆಯ ಕಬ್ಬಿಣವು ಗಡುಸಾಗಿರುತ್ತದೆ. ಈ ಎರಡನೆಯ ಜಾತಿಯ ಕಬ್ಬಿಣವನ್ನು ಕೊಠಡಿಯ ಉಷ್ಣಾಂಶದಲ್ಲಿಯೇ ಪಡೆಯಲು ಸಾಧ್ಯವಾಗಿ ಪರಿಣಮಿಸುತ್ತದೆ. ದೃಢೀಕರಣ ಎಂದು ಕರೆಯಲಾಗುವ ಈ ವಿಧಾನವನ್ನು ಲೋಹವಿದ್ಯೆಯಲ್ಲಿ ವಿಶೇಷವಾಗಿ ಬಳಸಲಾಗುತ್ತದೆ.

ದೃಢೀಕರಣವನ್ನು ಬಹಳ ಸುಲಭವಾಗಿ ನೆರವೇರಿಸಬಹುದು – ಲೋಹದ ವಸ್ತುವನ್ನು ಕೆಂಪಾಗುವಂತೆ ಕಾಯಿಸಿ ನೀರಿನಲ್ಲಿಯೋ ಅಥವಾ ಎಣ್ಣೆಯಲ್ಲಿಯೋ ಹಾಕಬೇಕು. ಆರುವಿಕೆಯು ಎಷ್ಟು ವೇಗದಿಂದ ಏರ್ಪಡುವುದೆಂದರೆ, ಮೇಲ್ಕಟ್ಟಿದ ಉಷ್ಣಾಂಶದಲ್ಲಿ ಸ್ಥಿರತೆಯಲ್ಲಿರುವ ರಚನೆಯು ಮಾರ್ಪಡಲು ಕಾಲಾವಕಾಶವಿರುವುದಿಲ್ಲ. ಇದರಿಂದಾಗಿ, ಮೇಲ್ಕಟ್ಟಿದ ಉಷ್ಣಾಂಶದ ರಚನೆಯು ಅನಿರ್ದಿಷ್ಟವಾಗಿ ಅದಕ್ಕೆ ಸ್ವಾಭಾವಿಕವಲ್ಲದ ಪರಿಸ್ಥಿತಿಗಳಲ್ಲಿಯೇ ಉಳಿಯುವುದು; ಸ್ಥಿರತೆಯ ರಚನೆಯ ರೂಪದಲ್ಲಿ ಪುನಃಸ್ಫಟಿಕೀಕರಣವು ಗಮನಾರ್ಹವೇ ಅಲ್ಲದಷ್ಟು ನಿಧಾನವಾಗಿ ಸಂಭವಿಸುವುದು.

ಕಬ್ಬಿಣದ ದೃಢೀಕರಣದ ವಿಚಾರವಾಗಿ ನಾವು ಹೇಳಿದುದು ಪೂರಾ ನಿಷ್ಕೃಷ್ಟವಾಗಿರಲಿಲ್ಲ. ಉಕ್ಕು, ಅಂದರೆ, ಒಂದು ಶತಾಂಶದ ಒಂದು ಭಾಗದಷ್ಟು ಇಂಗಾಲವಿರುವ ಕಬ್ಬಿಣವು ದೃಢೀಕರಿಸಲ್ಪಟ್ಟಿದೆ. ಇಂಗಾಲದ ಒಂದು ಸಣ್ಣ ಪ್ರಮಾಣದ ಮಿಶ್ರಣವಿರುವುದರ ಪರಿಣಾಮವಾಗಿ ಗಡುಸು ಕಬ್ಬಿಣವು ಮೃದುವಾಗಿ ಪರಿವರ್ತನೆಯಾಗುವುದು ತಡವಾಗುವುದು ಮತ್ತು ದೃಢೀಕರಣ ಕಾರ್ಯವು ಪೂರ್ತಿಯಾಗಲು ಸಹಾಯವಾಗುವುದು. ಶುದ್ಧ ಕಬ್ಬಿಣದ ವಿಚಾರದಲ್ಲಿಯಾದರೋ, ಅದನ್ನು ದೃಢೀಕರಿಸಲು ಸಾಧ್ಯವೇ ಇಲ್ಲ - ಅತ್ಯಂತ ತೀವ್ರವಾಗಿ ತಂಪುಗೊಳಿಸಿದರೂ, ಅದರ ರಚನೆಯ ಮಾರ್ಪಾಟಿಗೆ ಸಾಕಷ್ಟು ಕಾಲಾವಕಾಶವಿದ್ದೇ ಇರುತ್ತದೆ.

ಅವಸ್ಥಾ ಚಿತ್ರದ ರೂಪವನ್ನನುಸರಿಸಿ, ಒತ್ತಡ ಅಥವಾ ಉಷ್ಣಾಂಶವನ್ನು




ಚಿತ್ರ 4.13

ಬದಲಾಯಿಸುವುದರಿಂದ, ಯಾವುದಾದರೂ ಒಂದು ವಿಧದ ಮಾರ್ಪಾಟು ಆಗುವಂತೆ ಮಾಡಬಹುದು.

ಒತ್ತಡವನ್ನು ಮಾತ್ರ ಬದಲಾಯಿಸಿದಾಗ ಒಂದು ಹರಳು ಮತ್ತೊಂದು ಹರಳಾಗುವ ಅನೇಕ ಪರಿವರ್ತನೆಗಳು ಕಾಣಬರುತ್ತವೆ. ಕಪ್ಪುಬಣ್ಣದ ರಂಜಕವನ್ನು ಹೀಗೆ ಪಡೆಯಲಾಯ್ತು.

ಗ್ರಾಫೈಟನ್ನು ವಜ್ರವಾಗಿ ಪರಿವರ್ತಿಸುವುದು ಹೆಚ್ಚು ಮಟ್ಟದ ಒತ್ತಡ ಮತ್ತು ಉಷ್ಣಾಂಶಗಳೆರಡನ್ನೂ ಒಟ್ಟಿಗೆ ಉಪಯೋಗಿಸುವುದರಿಂದ ಮಾತ್ರ ಸಾಧ್ಯವಾಯ್ತು. ಇಂಗಾಲದ ಅವಸ್ಥಾ ಚಿತ್ರವನ್ನು ಚಿತ್ರ 4.13ರಲ್ಲಿ ತೋರಿಸಿದೆ. ಹತ್ತು ಸಾವಿರ ವಾಯುಮಂಡಲಗಳಿಗಿಂತಲೂ ಕಡಿಮೆ ಒತ್ತಡಗಳಲ್ಲಿ ಮತ್ತು 4000 K ಗಿಂತ ಕಡಿಮೆಯಾದ ಉಷ್ಣಾಂಶಗಳಲ್ಲಿ, ಗ್ರಾಫೈಟು ಸ್ಥಿರವಾದರೂಪಾಂತರ. ಅದರಿಂದಾಗಿ, ವಜ್ರವು "ಪರಕೀಯ" ಪರಿಸ್ಥಿತಿಗಳಲ್ಲಿ ಇರುತ್ತದೆ. ಆದ್ದರಿಂದ ಅದನ್ನು ಹೆಚ್ಚು ಕಷ್ಟವಿಲ್ಲದೆ ಗ್ರಾಫೈಟಾಗಿ ಮಾರ್ಪಡಿಸಬಹುದು. ಆದರೆ ಇದಕ್ಕೆ ವಿಪರ್ಯಯವಾದ ಸಮಸ್ಯೆಯು ವ್ಯಾವಹಾರಿಕವಾಗಿ ಗಣನೀಯವಾದುದು. ಒತ್ತಡವನ್ನು ಹೆಚ್ಚಿಸು ವುದರ ಮಾತ್ರದಿಂದಲೇ ಗ್ರಾಫೈಟನ್ನು ವಜ್ರವಾಗಿ ಪರಿವರ್ತಿಸುವುದು ಸಾಧ್ಯವಿಲ್ಲ. ಘನಸ್ಥಿತಿಯಲ್ಲಿ ಅವಸ್ಥಾಂತರವು ಬಹಳ ನಿಧಾನವಾಗಿ ಸಾಗುವುದು. ಅವಸ್ಥಾ ಚಿತ್ರದ ರೂಪವು ಸರಿಯಾದ ಪರಿಹಾರ ಮಾರ್ಗವನ್ನು ಸೂಚಿಸುತ್ತದೆ : ಒಟ್ಟಿಗೇ

ಒತ್ತಡವನ್ನು ಹೆಚ್ಚಿಸಿ ಮತ್ತು ಗ್ರ್ಯಾಫೈಟನ್ನು ಕಾಯಿಸಿ. ಆಗ (ಚಿತ್ರದ ಬಲಗಡೆಯ ಮೇಲ್ಭಾಗದ ಮೂಲೆ) ಕರಗಿದ ಇಂಗಾಲವು ಉಂಟಾಗುವುದು. ಮೇಲ್ಕಟ್ಟಿದ ಒತ್ತಡದಲ್ಲಿ ಅದನ್ನು ತಂಪುಗೊಳಿಸಿದರೆ, ನಾವು ವಜ್ರವಿರುವ ಪ್ರದೇಶವನ್ನು ಸೇರುತ್ತೇವೆ.

ಈ ಕಾರ್ಯಕ್ರಮದ ಕಾರ್ಯತಃ ಸಾಧ್ಯತೆಯನ್ನು 1955ರಲ್ಲಿ ದೃಢಪಡಿಸಲಾಯಿತು ಮತ್ತು ಈಗಿನ ಕಾಲದಲ್ಲಿ ಔದ್ಯೋಗಿಕ ವಿಜ್ಞಾನದ ದೃಷ್ಟಿಯಿಂದ ಸಮಸ್ಯೆಯನ್ನು ಪರಿಹರಿಸಲಾಗಿದೆ ಎಂದೇ ಭಾವಿಸಲಾಗುವುದು.

## ಒಂದು ವಿಸ್ಮಯಕಾರಕ ದ್ರವ

ಒಂದು ಕಾಯದ ಉಷ್ಣಾಂಶವನ್ನು ಇಳಿಸಿದರೆ, ಅದು ಕಾಲಾನುಕಾಲದಲ್ಲಿ ಘನೀಭವಿಸಿ ಒಂದು ಹರಳು ರಚನೆಯನ್ನು ಹೊಂದುವುದು. ಅದೂ ಅಲ್ಲದೆ. ಯಾವುದೇ ಒತ್ತಡದಲ್ಲಿ ತಂಪುಗೊಳಿಸಿದರೂ ಭಿನ್ನ ಪರಿಣಾಮ ಇರುವುದಿಲ್ಲ. ನಮಗೆ ಈಗಾಗಲೇ ಪರಿಚಿತವಾಗಿರುವ ಭೌತವಿಜ್ಞಾನದ ನಿಯಮಗಳ ದೃಷ್ಟಿಯಿಂದ ಈ ಸಂಗತಿಯು ಪೂರ್ತಿಯಾಗಿ ಸ್ವಾಭಾವಿಕವಾದುದೂ ಮತ್ತು ಅರ್ಥಪೂರ್ಣವುಳ್ಳದ್ದೂ ಆಗಿರುವುದಾಗಿ ಕಾಣುವುದು. ವಾಸ್ತವವಾಗಿ, ಉಷ್ಣಾಂಶವನ್ನು ಇಳಿಸುವುದರಿಂದ, ನಾವು ತಾಪೀಯ ಚಲನೆಯ ತೀವ್ರತೆಯನ್ನು ಕಡಿಮೆಮಾಡುತ್ತೇವೆ. ಅಣುಗಳ ಚಲನೆಯು ಅವುಗಳ ನಡುವಿನ ಪರಸ್ಪರ ಕ್ರಿಯೆಯ ಬಲಗಳ ಮೇಲೆ ಅದರ ಪ್ರಭಾವವು ನಿಂತು ಹೋಗಿರುವಷ್ಟು ದುರ್ಬಲವಾದರೆ. ಆಗ ಅಣುಗಳು ಒಂದು ನಿಷ್ಕೃಷ್ಟವಾದ ಕ್ರಮದಲ್ಲಿ ಸಾಲುಕಟ್ಟುತ್ತವೆ – ಹರಳುಗಳನ್ನು ರೂಪಿಸುತ್ತವೆ. ಇನ್ನೂ ಮುಂದೆ ತಂಪುಗೊಳಿಸುವುದರಿಂದ, ಅಣುಗಳ ಚಲನಶಕ್ತಿಯೆಲ್ಲಾ ಹೋಗುತ್ತದೆ. ಮತ್ತು ಪರಮ ಶೂನ್ಯದಲ್ಲಿ. ಒಂದು ಪದಾರ್ಥವು ವಿಧಿಬದ್ಧವಾದ ಜಾಲಕ ಒಂದರಲ್ಲಿ ಜೋಡಿಸಲಾಗಿರುವ ಮತ್ತು ಚಲನೆ ಇಲ್ಲದ ಅಣುಗಳ ರೂಪದಲ್ಲಿ ಇರಬೇಕು.

ಎಲ್ಲಾ ಪದಾರ್ಥಗಳೂ ಈ ರೀತಿಯಾಗಿಯೇ ವರ್ತಿಸುವುದೆಂದು ಪ್ರಯೋಗಗಳಿಂದ ತಿಳಿದುಬರುತ್ತದೆ. ಎಲ್ಲವೂ. ಆದರೆ ಒಂದೇ ಒಂದು ವಸ್ತು ಬಿಟ್ಟು – ಈ

"ವಿಜಾತೀಯ" ವಸ್ತು ಹೀಲಿಯಂ. ಹೀಲಿಯಂ ವಿಚಾರವಾಗಿ ಕೆಲವು ವಿಷಯಗಳನ್ನು ನಾವು ಆಗಲೇ ವಾಚಕರಿಗೆ ತಿಳಿಸಿದ್ದೇವೆ. ಆದರ ಅವಧಿಕ ಉಷ್ಣಾಂಶದ ಪ್ರಮಾಣವು ಅತ್ಯಂತ ಕೆಳಮಟ್ಟದ್ದು. 4.3 K ಗಿಂತ ಕಡಿಮೆಯಾದ ಅದರ ಅವಧಿಕ ಉಷ್ಣಾಂಶವನ್ನು ಬೇರೆ ಯಾವ ಪದಾರ್ಥವೂ ಹೊಂದಿಲ್ಲ. ಆದರೇನು, ಈ ಪರಮಾವಧಿ ಕೆಳಮಟ್ಟ ಮಾತ್ರವೇ ವಿಸ್ಮಯಕಾರಕ ಘಟನೆಯೆಂದು ಭಾವಿಸಲಾಗುವುದಿಲ್ಲ. ಬೇರೆ ವಿಷಯವೊಂದು ಇದಕ್ಕಿಂತ ಹೆಚ್ಚು ಚಕಿತಗೊಳಿಸುವುದು : ಹೀಲಿಯಂಅನ್ನು ಅವಧಿಕ ಉಷ್ಣಾಂಶದಿಂದ ಕೆಳಕ್ಕೆ ತಂಪುಗೊಳಿಸಿ, ಹೆಚ್ಚು ಕಡಿಮೆ ಪರಮ ಶೂನ್ಯವನ್ನು ಸಮೀಪಿಸಿದರೂ, ಘನೀಭವಿಸಿದ ಹೀಲಿಯಂ ಉಂಟಾಗುವುದಿಲ್ಲ. ಪರಮ ಶೂನ್ಯದಲ್ಲಿಯೂ ಕೂಡ ಹೀಲಿಯಂ ದ್ರವವಾಗಿಯೇ ಉಳಿಯುತ್ತದೆ.

ನಾವು ಪ್ರದರ್ಶಿಸಿರುವ ಚಲನೆಯ ನಿಯಮಗಳ ದೃಷ್ಟಿಯಿಂದ ಹೀಲಿಯಂನ ವರ್ತನೆಗೆ ಅರ್ಥಕೊಡುವುದು ತೀರ ಅಸಾಧ್ಯ. ಮತ್ತು ವಿಶ್ವವ್ಯಾಪಕವಾದವೆಂದು ಪರಿಗಣಿಸಲ್ಪಟ್ಟ ಪ್ರಕೃತಿಯ ನಿಯಮಗಳ ವ್ಯಾಪ್ತಿಗಿರುವ ಪರಿಮಿತಿಗೆ ಒಂದು ಕುರುಹಾಗಿರುವುದು.

ಒಂದು ಪದಾರ್ಥವು ದ್ರವವಾಗಿದ್ದರೆ, ಅದರ ಪರಮಾಣುಗಳು ಚಲನೆಯಲ್ಲಿರುತ್ತವೆ. ಆದರೆ ಅದನ್ನು ಪರಮ ಶೂನ್ಯಕ್ಕೆ ತಂಪುಗೊಳಿಸಿದರೆ, ನಾವು ಅದರ ಚಲನ ಶಕ್ತಿಯನ್ನೆಲ್ಲಾ ಅದರಿಂದ ಕಳಚಿಕೊಳ್ಳುತ್ತೇವೆ. ಹಾಗಾದರೆ, ಹೀಲಿಯಂಗೆ ನಾವು ಕಸಿದುಕೊಳ್ಳಲಾಗದಂತಹ ಚಲನ ಶಕ್ತಿ ಇರುತ್ತದೆ ಎಂದು ಒಪ್ಪಿಕೊಳ್ಳಬೇಕಾಗುತ್ತದೆ. ಈ ತೀರ್ಮಾನವು ನಾವು ಇದುವರೆಗೂ ವ್ಯಾಸಂಗ ಮಾಡುತ್ತಿರುವ ಚಲನಶಾಸ್ತ್ರಕ್ಕೆ ಸರಿಹೋಗುವುದಿಲ್ಲ. ನಾವು ಕಲಿತಿರುವ ಚಲನಶಾಸ್ತ್ರದ ಪ್ರಕಾರ, ಒಂದು ಕಾಯದ ಚಲನೆಯನ್ನು ಅದರ ಚಲನ ಶಕ್ತಿಯನ್ನೆಲ್ಲಾ ತೆಗೆದುಕೊಂಡುಬಿಡುವುದರಿಂದ ಪೂರಾ ನಿಲುಗಡೆಯವರೆಗೂ ನಿಧಾನಪಡಿಸಬಹುದು; ಅಣುಗಳ ಚಲನೆಯನ್ನೂ ಇದೇ ರೀತಿಯಲ್ಲಿಯೇ ಅವುಗಳು ತಂಪುಗೊಳಿಸಲ್ಪಡುತ್ತಿರುವ ಪಾತ್ರೆಯ ಗೋಡೆಗಳ ಮೇಲೆ ಘರ್ಷಣೆಯಾಗುವಾಗ ಅವುಗಳ ಶಕ್ತಿಯನ್ನು ತೆಗೆದುಬಿಡುವುದರ ಮೂಲಕ ನಿಲ್ಲಿಸಬಹುದು. ಇಂತಹ ಚಲನಶಾಸ್ತ್ರವು ಹೀಲಿಯಂಗೆ ಅನ್ವಯಿಸುವುದಿಲ್ಲವೆಂಬುದು ಸ್ಪಷ್ಟ.

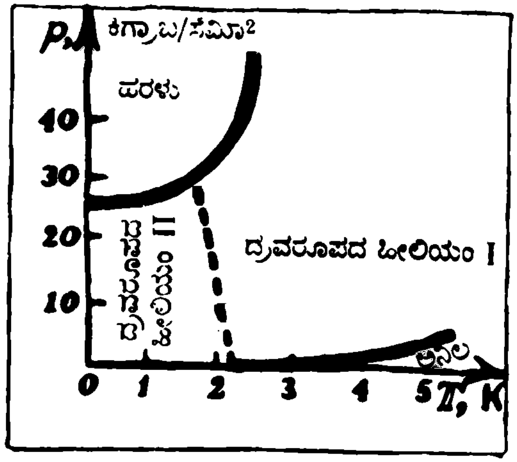
ಹೀಲಿಯಂನ ಈ "ವಿಚಿತ್ರ" ವರ್ತನೆಯು ಅತ್ಯಂತ ಮುಖ್ಯವಾದ ವಿಷಯ ಒಂದನ್ನು ಸೂಚಿಸುತ್ತದೆ. ಕಣ್ಣಿಗೆ ಕಾಣುವ ಕಾಯಗಳ ಚಲನೆಯ ನೇರ ಸಂಶೋಧನೆಯಿಂದ ಸ್ಥಿರಪಡಿಸಲ್ಪಟ್ಟ – ಭೌತವಿಜ್ಞಾನಕ್ಕೆ ಸ್ಥಿರವಾದ ಅಸ್ತಿಭಾರ ಪ್ರಾಯವಾದ – ಚಲನಶಾಸ್ತ್ರದ ಮೂಲಭೂತ ನಿಯಮಗಳನ್ನು ಪರಮಾಣುಗಳ ಕ್ಷೇತ್ರದಲ್ಲಿ ಅನ್ವಯಿಸುವುದು ಸಾಧ್ಯವಿಲ್ಲವೆಂದು ನಮಗೆ ಗೋಚರವಾದುದು ಇದೇ ಮೊದಲು.

ಹೀಲಿಯಂ ಪರಮ ಶೂನ್ಯದಲ್ಲಿ ಹರಳಾಗಲು "ನಿರಾಕರಿಸುತ್ತದೆ" ಎಂಬ ವಿಷಯವನ್ನು ನಾವು ಇದುವರೆಗೂ ವ್ಯಾಸಂಗ ಮಾಡಿರುವ ಚಲನಶಾಸ್ತ್ರದೊಡನೆ ಸಮನ್ವಯ ಮಾಡುವುದು ಸಾಧ್ಯವೇ ಇಲ್ಲ. ಇದೇ ಮೊದಲಿಗೆ ನಾವು ಕಂಡಿರುವ ಪರಮಾಣುಗಳು ಚಲನಶಾಸ್ತ್ರದ ನಿಯಮಗಳನ್ನು ಅನುಸರಿಸುವುದಿಲ್ಲ ಎಂಬ ಅಸಂಬದ್ಧತೆಯು ಭೌತವಿಜ್ಞಾನದಲ್ಲಿ ಇದಕ್ಕಿಂತ ತೀವ್ರವಾದ ಮತ್ತು ಹೆಚ್ಚು ಗಮನ ಸೆಳೆಯುವ ಅಸಂಬದ್ಧತೆಗಳ ಒಂದು ಸರಪಣಿಯಲ್ಲಿ ಮೊದಲಿನ ಕೊಂಡಿ ಮಾತ್ರ.

ಈ ಅಸಂಬದ್ಧತೆಗಳಿಂದಾಗಿ ಪರಮಾಣುಗಳ ಚಲನೆಯ ಚಲನಶಾಸ್ತ್ರದ ಮೂಲಭೂತತತ್ವಗಳ ಸುಧಾರಣೆಯ ಅವಶ್ಯಕತೆ ಏರ್ಪಟ್ಟಿತು. ಈ ಸುಧಾರಣೆಯು ಅತ್ಯಂತ ಗಾಢವಾದುದು ಮತ್ತು ಪ್ರಕೃತಿಯ ವಿಷಯವಾಗಿ ನಮ್ಮ ಪೂರಾ ತಿಳಿವಳಿಕೆಯಲ್ಲಿನ ಬದಲಾವಣೆಯಲ್ಲಿ ಪರಿಣಮಿಸಿತು.

ಪರಮಾಣುಗಳ ಚಲನೆಯ ಚಲನಶಾಸ್ತ್ರದ ತೀವ್ರ ಸುಧಾರಣೆ ಅವಶ್ಯಕವಾದರೂ ನಾವು ಕಲಿತ ಚಲನಶಾಸ್ತ್ರದ ನಿಯಮಗಳು ಅಪ್ರಯೋಜಕವೆಂದು ತೋರಿಸಬೇಕಾಗಿಲ್ಲ. ಅನವಶ್ಯಕವಾದ ವಿಷಯಗಳನ್ನು ಓದುಗನು ಪರಿಶೀಲಿಸುವಂತೆ ಮಾಡುವುದು ತರವಲ್ಲ. ದೊಡ್ಡ ಕಾಯಗಳ ಕ್ಷೇತ್ರದಲ್ಲಿ ಹಳೆಯ ಚಲನಶಾಸ್ತ್ರವು ಪೂರ್ತಿಯಾಗಿ ಸಮಂಜಸವಾಗಿರುವುದು. ಇದಕ್ಕೆ ಸಂಬಂಧಿಸಿದ ಭೌತವಿಜ್ಞಾನದ ಅಧ್ಯಾಯಗಳನ್ನು ಸಂಪೂರ್ಣ ಮಾನ್ಯತೆಯಿಂದ ಕಾಣಲು ಇಷ್ಟೇ ಸಾಕು. ಆದರೂ, "ಹಳೆಯ" ಚಲನಶಾಸ್ತ್ರದ ಕೆಲವಾರು ನಿಯಮಗಳು "ಹೊಸ" ಚಲನಶಾಸ್ತ್ರಕ್ಕೆ ಯಾವ ಬದಲಾವಣೆ ಇಲ್ಲದೆಯೇ ದಾಟಿ ಹೋಗುವುದೂ ಮುಖ್ಯವಾದುದು. ಇವುಗಳ ಪೈಕಿ, ಮುಖ್ಯವಾದುದು ಶಕ್ತಿಯ ನಿತ್ಯತ್ವ ನಿಯಮ.

ಪರಮ ಶೂನ್ಯದಲ್ಲಿ "ಪರಭಾರೆ ಮಾಡಲಾಗದ" ಶಕ್ತಿ ಇರುವುದು ಹೀಲಿ




ಚಿತ್ರ 4.14

ಯಂಗೇ ಮೀಸಲಾದ ವಿಶಿಷ್ಟ ಲಕ್ಷಣವಲ್ಲ. ಎಲ್ಲಾ ವಸ್ತುಗಳೂ "ಶೂನ್ಯ" ಶಕ್ತಿಯನ್ನು ಹೊಂದಿರುವುದಾಗಿ ತಿಳಿದುಬರುತ್ತದೆ. ಹೀಲಿಯಂನಲ್ಲಿ ಮಾತ್ರ ಈ ಶಕ್ತಿಯು ಪರಮಾಣುಗಳು ಒಂದು ಕ್ರಮಬದ್ಧವಾದ ಹರಳಿನ ಜಾಲಕವು ಉಂಟಾಗುವುದನ್ನು ತಡೆಯುವಷ್ಟು ಪ್ರಮಾಣದ್ದಾಗಿರುತ್ತದೆ.

ಹೀಲಿಯಂ ಹರಳು ಸ್ಥಿತಿಯಲ್ಲಿ ಇರಲಾರದೆಂದು ನೆನೆಯಕೂಡದು. ಹೀಲಿಯಂಅನ್ನು ಹರಳುರೂಪಕ್ಕೆ ತರಲು ಒತ್ತಡವನ್ನು ಸುಮಾರು 25 ವಾ.ಮಂ.ಗಳಷ್ಟಕ್ಕೆ ಹೆಚ್ಚಿಸಬೇಕು. ಇದಕ್ಕಿಂತ ಹೆಚ್ಚು ಒತ್ತಡದಲ್ಲಿ ತಂಪುಗೊಳಿಸಿದರೆ ಸರ್ವೇಸಾಮಾನ್ಯ ಗುಣಗಳುಳ್ಳ ಗಟ್ಟಿಯಾದ ಸ್ಫಟಿಕರೂಪದ ಹೀಲಿಯಂ ಉಂಟಾಗುವುದು. ಹೀಲಿಯಂ ಫಲಕಕೇಂದ್ರಿತ ಘನಾಕೃತಿ ಜಾಲಕದಲ್ಲಿ ರೂಪುಗೊಳ್ಳುತ್ತದೆ.

ಹೀಲಿಯಂನ ಅವಸ್ಥಾ ಚಿತ್ರವನ್ನು ಚಿತ್ರ 4.14ರಲ್ಲಿ ತೋರಿಸಿದೆ. ತ್ರಿಬಿಂದುವಿನ ಇಲ್ಲದಿರುವಿಕೆಯಿಂದಾಗಿ ಇದು ಇತರ ಎಲ್ಲಾ ಪದಾರ್ಥಗಳ ಅವಸ್ಥಾ ಚಿತ್ರಗಳಿಗಿಂತ ಬೇರೆಯಾಗಿರುವುದು. ಕರಗುವ ಮತ್ತು ಕುದಿಕಾವಿನ ರೇಖೆಗಳು ಒಂದನ್ನೊಂದು ಸಂಧಿಸುವುದಿಲ್ಲ.

# 5. ದ್ರಾವಣಗಳು

## ದ್ರಾವಣವೆಂದರೇನು ?

ಸಾರಿನಲ್ಲಿ ಉಪ್ಪು ಹಾಕಿ ಚಮಚದಿಂದ ಕಲಕಿದರೆ, ಉಪ್ಪಿನ ಸುಳಿವೇ ಉಳಿಯುವುದಿಲ್ಲ. ಉಪ್ಪಿನ ಕಣಗಳು ಬರಿ ಕಣ್ಣಿಗೆ ಕಾಣಲಾರದೆ ಹೋಗಿವೆ ಅಷ್ಟೆ ಎಂದು ತಿಳಿಯಕೂಡದು. ಏನು ಮಾಡಿದರೂ ಆ ಸಣ್ಣ ಉಪ್ಪಿನ ಹರಳುಗಳನ್ನು ಗುರ್ತಿಸಲು ಸಾಧ್ಯವೇ ಇಲ್ಲ, ಏಕೆಂದರೆ ಅವು ಕರಗಿಹೋಗಿವೆ. ಸಾರಿಗೆ ಮೆಣಸಿನ ಪುಡಿಯನ್ನು ಸೇರಿಸಿದರೆ ದ್ರಾವಣ ಉಂಟಾಗುವುದಿಲ್ಲ. ಎಷ್ಟು ದಿನಗಳವರೆಗೂ ಸಾರನ್ನು ಕಲಕುತ್ತಿದ್ದರೂ, ಆ ಸಣ್ಣ ಕಪ್ಪು ಕಣಗಳು ಕಣ್ಮರೆಯಾಗದೆ ಉಳಿಯುತ್ತವೆ.

ಆದರೆ ಒಂದು ಪದಾರ್ಥವು ಕರಗಿಹೋಯ್ತು ಎಂದು ಹೇಳಿದರೆ ಏನು ಅರ್ಥ ? ಅದರ ಪರಮಾಣುಗಳು ಅಥವಾ ಅಣುಗಳು ಸುಳಿವಿಲ್ಲದೆ ಮಾಯವಾಗಲಾರವು ತಾನೆ ? ಅಲ್ಲವೇ ಅಲ್ಲ, ಅವುಗಳು ಅದೃಶ್ಯವಾಗುವುದಿಲ್ಲ. ಕರಗುವಾಗ, ಒಂದು ಪದಾರ್ಥದ ಕಣಗಳು, ಹರಳುಗಳು, ಒಂದೇ ಜಾತಿಯ ಅಣುಗಳ ಕೂಟಗಳು, ಅದೃಶ್ಯವಾಗುತ್ತವೆ. **ವಿಲಯನ**ವೆಂದರೆ ಒಂದು ಮಿಶ್ರಣದ ಕಣಗಳನ್ನು ಒಂದು ಪದಾರ್ಥದ ಅಣುಗಳು ಮತ್ತೊಂದರ ಅಣುಗಳ ನಡುವೆ ಹಂಚಿಕೆಯಾಗುವಂತೆ ಕಲಕುವುದು. ಒಂದು **ದ್ರಾವಣ**ವೆಂದರೆ ಬೇರೆ ಬೇರೆ ಪದಾರ್ಥಗಳ ಅಣುಗಳ ಅಥವಾ ಪರಮಾಣುಗಳ ಮಿಶ್ರಣ.

ಒಂದು ದ್ರಾವಣದಲ್ಲಿ ಲೀನವಾದ ಪದಾರ್ಥವು ಬಗೆ ಬಗೆಯ ಪರಿಮಾಣಗಳಲ್ಲಿರಬಹುದು. ಒಂದು ದ್ರಾವಣದ ರಚನೆಯನ್ನು ಆದರ ಸಾರೀಕರಣವು

ನಿರ್ದೇಶಿಸುತ್ತದೆ, ಉದಾಹರಣೆಗೆ, ಒಂದು ಲೀನ ಪದಾರ್ಥದ ಗ್ರಾಂಗಳ ಸಂಖ್ಯೆ ಮತ್ತು ದ್ರಾವಣದ ಲೀಟರ್‌ಗಳ ಸಂಖ್ಯೆ ಇವುಗಳ ಅನುಪಾತ.

ಲೀನ ಪದಾರ್ಥವನ್ನು ಸೇರಿಸುತ್ತ ಹೋದಂತೆಲ್ಲಾ, ದ್ರಾವಣದ ಸಾರೀಕರಣವು ಹೆಚ್ಚುತ್ತಹೋಗುವುದು, ಆದರೆ ಮಿತಿ ಇಲ್ಲದೆ ಇಲ್ಲ. ಕಾಲಾನಂತರದಲ್ಲಿ ದ್ರಾವಣವು ಸಂತೃಪ್ತವಾಗಿ ಪರಿಣಮಿಸುತ್ತದೆ ಮತ್ತು ಆಮೇಲೆ ಲೀನ ಪದಾರ್ಥವನ್ನು "ಅಂಗೀಕರಿಸುವುದು" ನಿಲ್ಲುತ್ತದೆ. ಸಂತೃಪ್ತ ದ್ರಾವಣ ಒಂದರ ಸಾರೀಕರಣಕ್ಕೆ, ಅಂದರೆ ದ್ರಾವಣದ "ಅಧಿಕತಮ" ಸಾರೀಕರಣಕ್ಕೆ, **ಲೀನತೆ** ಎಂದು ಹೆಸರು.

ಬಿಸಿ ನೀರಿನಲ್ಲಿ ಆಶ್ಚರ್ಯಕರವಾದ ಪ್ರಮಾಣದಷ್ಟು ಸಕ್ಕರೆಯನ್ನು ವಿಲೀನ ಮಾಡಬಹುದು. 80 °C ಉಷ್ಣಾಂಶದಲ್ಲಿ ಒಂದು ಲೋಟದ ತುಂಬ ನೀರು 720 ಗ್ರಾಂ ಸಕ್ಕರೆಯನ್ನು ನಿಶ್ಶೇಷವಾಗಿ ಗ್ರಹಿಸುತ್ತದೆ. ಸಂತೃಪ್ತವಾದ ಈ ದ್ರಾವಣವು ಗಟ್ಟಿಯಾಗಿಯೂ ಮತ್ತು ಜಿಗುಟಾಗಿಯೂ ಇರುವುದು, ಮತ್ತು ಇದನ್ನು ಅಡಿಗೆಯವರು ಸಕ್ಕರೆಯ ಪಾಕವೆಂದು ಕರೆಯುತ್ತಾರೆ. ನಾವು ಈಗ ತಾನೆ ಸಕ್ಕರೆಗೆ ಕೊಟ್ಟ ಸಂಖ್ಯೆಯು 0.2 ಲೀ. ಹಿಡಿಯುವ ಒಂದು ಬಟ್ಟಲಿಗೆ ಹೊಂದಿಸಿದಂತೆ. ಇದರಿಂದಾಗಿ, 80 °Cಯಲ್ಲಿ ನೀರಿನಲ್ಲಿ ಸಕ್ಕರೆಯ ಸಾರೀಕರಣವು 3600 ಗ್ರಾಂ/ಲೀ.ಗೆ (ಇದನ್ನು ಪ್ರತಿ ಲೀಟರಿಗೆ ಗ್ರಾಂಗಳು ಎಂದು ಓದಬೇಕು) ಸಮವಾಗಿರುತ್ತದೆ.

ಕೆಲವು ವಸ್ತುಗಳ ಲೀನತೆಯು ಬಹಳ ತೀವ್ರವಾಗಿ ಉಷ್ಣಾಂಶವನ್ನು ಅವಲಂಬಿಸಿರುವುದು. ಕೊಠಡಿಯ ಉಷ್ಣಾಂಶದಲ್ಲಿ (20 °C), ನೀರಿನಲ್ಲಿ ಸಕ್ಕರೆಯ ಲೀನತೆಯು 2000 ಗ್ರಾಂ/ಲೀ.ಗೆ ಇಳಿಯುತ್ತದೆ. ಇದಕ್ಕೆ ವಿರುದ್ಧವಾಗಿ, ಉಪ್ಪಿನ ಲೀನತೆಯು ಉಷ್ಣಾಂಶದ ವ್ಯತ್ಯಾಸದೊಡನೆ ಬಹು ಸ್ವಲ್ಪವೇ ವ್ಯತ್ಯಾಸಗೊಳ್ಳುವುದು.

ಸಕ್ಕರೆ ಮತ್ತು ಉಪ್ಪು ಇವು ನೀರಿನಲ್ಲಿ ಚೆನ್ನಾಗಿ ಕರಗುತ್ತವೆ. ಆದರೆ ನ್ಯಾಫ್ತಲೀನ್ ಬಹುಮಟ್ಟಿಗೆ ನೀರಿನಲ್ಲಿ ವಿಲೀನವಾಗುವುದೇ ಇಲ್ಲ. ಬೇರೆ ಬೇರೆ ಪದಾರ್ಥಗಳು ವಿವಿಧ ದ್ರಾವಕಗಳಲ್ಲಿ ಬೇರೆ ಬೇರೆ ಪ್ರಮಾಣಗಳಲ್ಲಿ ಕರಗುತ್ತವೆ.

ದ್ರಾವಣಗಳನ್ನು ಪಕಸ್ಫಟಿಕಗಳನ್ನು ಬೆಳೆಸಲು ಉಪಯೋಗಿಸುವರು. ಲೀನವಾದ ಪದಾರ್ಥದ ಒಂದು ಸಣ್ಣ ಹರಳನ್ನು ಒಂದು ಸಂತೃಪ್ತ ದ್ರಾವಣದಲ್ಲಿ

ತೂಗುಹಾಕಿದರೆ, ಆಗ ದ್ರಾವಕವು ಆವಿಯಾಗಿ ಇಂಗಿದಂತೆಲ್ಲಾ, ಲೀನ ಪದಾರ್ಥವು ಹರಳಿನ ಮೇಲ್ಮೈಯಲ್ಲಿ ನೆಲೆಗೊಳ್ಳುತ್ತದೆ. ಇದೂ ಅಲ್ಲದೆ, ಅಣುಗಳು ಖಚಿತವಾದ ಕ್ರಮದಲ್ಲಿ ಉಳಿಯುತ್ತವೆ, ಮತ್ತು ಪರಿಣಾಮವಾಗಿ, ಸಣ್ಣ ಹರಳು ದೊಡ್ಡದಾಗಿ ಪರಿವರ್ತಿತವಾಗುತ್ತದೆ. ಆದರೆ ಏಕಸ್ಫಟಿಕವಾಗಿಯೇ ಉಳಿಯುತ್ತದೆ.

## ದ್ರವಗಳ ಮತ್ತು ಅನಿಲಗಳ ದ್ರಾವಣಗಳು

ಒಂದು ದ್ರವದಲ್ಲಿ ಮತ್ತೊಂದು ದ್ರವವನ್ನು ವಿಲೀನಪಡಿಸುವುದು ಸಾಧ್ಯವೇ? ಸಾಧ್ಯವೇ ಹೌದು. ಉದಾಹರಣೆಗೆ, ವೋಡ್ಕ ಎಂಬ ಬ್ರಾಂದಿ ಮದ್ಯವು ನೀರಿನಲ್ಲಿ ಆಲ್ಕೊಹಾಲಿನ ದ್ರಾವಣ (ಅಥವಾ, ಬೇಕಾದರೆ – ಆಲ್ಕೊಹಾಲಿನಲ್ಲಿ ನೀರಿನ ದ್ರಾವಣ, ಇದು ಯಾವುದು ಹೆಚ್ಚು ಪ್ರಮಾಣದಲ್ಲಿದೆ ಎಂಬುದನ್ನು ಅವಲಂಬಿಸಿರುವುದು). ವೋಡ್ಕ ಯಥಾರ್ಥವಾದ ದ್ರಾವಣ; ಅದರಲ್ಲಿ ನೀರಿನ ಮತ್ತು ಆಲ್ಕೊಹಾಲಿನ ಅಣುಗಳು ಸಂಪೂರ್ಣವಾಗಿ ಮಿಳಿತವಾಗಿರುತ್ತದೆ.

ಆದರೆ, ಎರಡು ದ್ರವಗಳನ್ನು ಬೆರಸಿದಾಗಲೆಲ್ಲಾ ಇಂತಹ ಪರಿಣಾಮವು ಉಂಟಾಗುವುದಿಲ್ಲ.

ನೀರಿಗೆ ಸೀಮೆಎಣ್ಣೆಯನ್ನು ಸೇರಿಸುವುದಕ್ಕೆ ಪ್ರಯತ್ನಿಸಿ. ನೀವು ಎಷ್ಟು ಕಲಕಿದರೂ, ಸಮರೂಪದ ದ್ರಾವಣವನ್ನು ಪಡೆಯಲಾಗುವುದಿಲ್ಲ: ಇದು ಸಾರಿನಲ್ಲಿ ಮೆಣಸುಪುಡಿಯನ್ನು ಕರಗಿಸಲು ಪ್ರಯತ್ನಿಸುವಷ್ಟೇ ನಿಷ್ಫಲಕಾರಿಯಾದುದು. ಕಲಕುವುದನ್ನು ನಿಲ್ಲಿಸಿದ ಕೂಡಲೇ ದ್ರವಗಳು ಪದರಗಳಲ್ಲಿ ಬೇರ್ಪಟ್ಟು ನಿಲ್ಲುವುವು: ಹೆಚ್ಚು ಭಾರವಾದ ನೀರು ತಳಭಾಗದಲ್ಲಿಯೂ, ಹಗುರವಾದ ಸೀಮೆಎಣ್ಣೆಯು ಮೇಲ್ಭಾಗದಲ್ಲಿಯೂ ಇರುತ್ತವೆ. ನೀರಿನೊಡಗೂಡಿದ ಸೀಮೆಎಣ್ಣೆಯೂ, ನೀರಿನೊಡಗೂಡಿದ ಆಲ್ಕೊಹಾಲ್ ಇವುಗಳು ತಮ್ಮ ಲೀನತೆಯ ವಿಚಾರದಲ್ಲಿ ವಿರುದ್ಧ ಗುಣಗಳ ವ್ಯವಸ್ಥೆಗಳನ್ನು ಹೊಂದಿವೆ.

ಅದಾಗ್ಯೂ, ಇವುಗಳಿಗೆ ಮಧ್ಯವರ್ತಿಯಾದ ದೃಷ್ಟಾಂತಗಳೂ ಇವೆ. ಈಥರನ್ನು ನೀರಿನೊಂದಿಗೆ ಬೆರಸಿದರೆ, ನಾವು ಪಾತ್ರೆಯಲ್ಲಿ ಎರಡು ಪದರಗಳನ್ನು ಸ್ಪಷ್ಟವಾಗಿ ಕಾಣಬಹುದು. ಮೊದಲ ನೋಟಕ್ಕೆ, ಮೇಲುಗಡೆಯಲ್ಲಿ ಈಥರ್ ಮತ್ತು

ತಳದಲ್ಲಿ ನೀರು ಇರುವುದಾಗಿ ತೋರಬಹುದು. ಆದರೆ ವಾಸ್ತವದಲ್ಲಿ ಕೆಳಗಡೆಯು ಮತ್ತು ಮೇಲುಗಡೆಯು ಪದರಗಳೆರಡೂ ದ್ರಾವಣಗಳು : ತಳದಲ್ಲಿ ಈಥರಿನ ಒಂದು ಭಾಗ ವಿಲೀನವಾಗಿರುವ ನೀರು (ಸಾರೀಕರಣವು ಒಂದು ಲೀಟರ್ ನೀರಿನಲ್ಲಿ 25 ಗ್ರಾಂ ಈಥರ್), ಮೇಲುಭಾಗದಲ್ಲಿ ಗಮನಾರ್ಹ ಪ್ರಮಾಣದಷ್ಟು ನೀರನ್ನೊಳಗೊಂಡಿರುವ ಈಥರ್ (60 ಗ್ರಾಂ/ಲೀ).

ಈಗ ಅನಿಲಗಳ ದ್ರಾವಣಗಳ ಕಡೆಗೆ ನಮ್ಮ ಗಮನವನ್ನು ತಿರುಗಿಸೋಣ. ಯಾವುದೇ ಒಂದು ಅನಿಲದಲ್ಲಿ ಮತ್ತೊಂದು ಅನಿಲವು ಅಪರಿಮಿತ ಪ್ರಮಾಣದಲ್ಲಿ ಲೀನವಾಗುವುದೆಂಬುದು ಸ್ಪಷ್ಟ. ಎರಡು ಅನಿಲಗಳು ಪರಸ್ಪರ ಹೇಗೆ ಬೆರೆತುಕೊಳ್ಳುವುವೆಂದರೆ ಒಂದರ ಅಣುಗಳು ಮತ್ತೊಂದರ ಅಣುಗಳ ನಡುವೆ ಒಳಹೋಗುತ್ತವೆ. ಏಕೆಂದರೆ ಅನಿಲದ ಅಣುಗಳು ಅತ್ಯಲ್ಪ ಪ್ರಮಾಣದಲ್ಲಿ ಪರಸ್ಪರ ಪ್ರಭಾವ ಬೀರುತ್ತವೆ. ಇದರಿಂದಾಗಿ ಪ್ರತಿ ಒಂದು ಅನಿಲವೂ ಮತ್ತೊಂದರ ಸಮಕ್ಷಮದಲ್ಲಿ ತನ್ನ ಜೊತೆಗಾರನಿಗೆ ಏನೂ "ಲಕ್ಷ್ಯ" ಕೊಡದಿರುವಂತೆ ವರ್ತಿಸುತ್ತದೆ.

ಅನಿಲಗಳು ದ್ರವಗಳಲ್ಲಿಯೂ ಲೀನವಾಗಬಲ್ಲವು. ಆದರೆ ಅಪರಿಮಿತ ಪ್ರಮಾಣಗಳಲ್ಲಿ ಅಲ್ಲ, ಮಿತ ಪ್ರಮಾಣಗಳಲ್ಲಿ ಮಾತ್ರ; ಈ ವಿಷಯದಲ್ಲಿ ಘನ ಪದಾರ್ಥಗಳಿಂದ ಬೇರೆಯಾಗಿಲ್ಲ. ಅಲ್ಲದೆ, ವಿವಿಧ ಅನಿಲಗಳು ಲೀನವಾಗುವುದು ವಿಧವಿಧವಾಗಿರುತ್ತದೆ. ಈ ವ್ಯತ್ಯಾಸಗಳು ಬಹಳ ದೊಡ್ಡ ಪ್ರಮಾಣದವುಗಳಾಗಿರಬಹುದು. ನೀರಿನಲ್ಲಿ ಅಮೋನಿಯದ ಅತಿ ದೊಡ್ಡ ಪರಿಮಾಣವೂ (ಅರ್ಧ ಲೋಟದ ತಣ್ಣೀರಿನಲ್ಲಿ ಸುಮಾರು 100 ಗ್ರಾಂಗಳು) ಮತ್ತು ಹೈಡ್ರೋಜೆನ್ ಸಲ್ಫೈಡ್ ಮತ್ತು ಕಾರ್ಬನ್ ಡೈಯಾಕ್ಸೈಡ್ ಇವುಗಳ ದೊಡ್ಡ ಪರಿಮಾಣಗಳೂ ಕೂಡ ಲೀನವಾಗಬಲ್ಲವು. ಆಮ್ಲಜನಕ ಮತ್ತು ಸಾರಜನಕ ಇವುಗಳು ಅತಿ ಸ್ವಲ್ಪವೇ ನೀರಿನಲ್ಲಿ ವಿಲೀನವಾಗುವುವು (ಒಂದು ಲೀಟರ್ ತಣ್ಣೀರಿನಲ್ಲಿ 0.07 ಮತ್ತು 0.03 ಗ್ರಾಂಗಳು). ಆದ್ದರಿಂದ ಒಂದು ಲೀಟರ್ ತಣ್ಣೀರಿನಲ್ಲಿ ಒಟ್ಟು ಸುಮಾರು ಒಂದು ಗ್ರಾಂನ ನೂರರ ಒಂದು ಭಾಗದಷ್ಟು ಮಾತ್ರ ಗಾಳಿ ಇರುವುದು. ಇಷ್ಟು ಸಣ್ಣ ಪ್ರಮಾಣದ್ದಾದರೂ ಇದು ಭೂಮಿಯ ಮೇಲಿನ ಜೀವನದಲ್ಲಿ ದೊಡ್ಡ ಪಾತ್ರವನ್ನು ವಹಿಸಿದೆ, ಏಕೆಂದರೆ

ಮೀನುಗಳು ನೀರಿನಲ್ಲಿ ವಿಲೀನವಾಗಿರುವ ಗಾಳಿಯಲ್ಲಿನ ಆಮ್ಲಜನಕವನ್ನು ಉಸಿರಾಡುತ್ತವೆ.

ಒಂದು ಅನಿಲದ ಒತ್ತಡವು ಹೆಚ್ಚಾದಷ್ಟೂ, ಅದರ ಹೆಚ್ಚು ಪರಿಮಾಣವು ಒಂದು ದ್ರವದಲ್ಲಿ ಲೀನವಾಗುತ್ತದೆ. ಲೀನವಾದ ಅನಿಲದ ಪರಿಮಾಣವು ಬಹಳ ಹೆಚ್ಚಾಗಿಲ್ಲದಿದ್ದರೆ, ಅದಕ್ಕೂ ಮತ್ತು ದ್ರವದ ಮೇಲ್ಮೈ ಮೇಲಿರುವ ಅನಿಲದ ಒತ್ತಡಕ್ಕೂ ನಡುವೆ ನೇರವಾದ ಸಮಾನುಪಾತ ಸಂಬಂಧವಿದೆ.

ಬಾಯಾರಿಕೆಯನ್ನು ಹೋಗಲಾಡಿಸಲು ಅಷ್ಟು ಉಪಯುಕ್ತವಾದ ಒಂದು ಲೋಟ ತಣ್ಣನೆಯ ಸೋಡವನ್ನು ಯಾರು ತಾನೆ ಕುಡಿದು ಸುಖಪಟ್ಟಿಲ್ಲ. ವಿಲೀನವಾದ ಅನಿಲದ ಪರಿಮಾಣವು ಒತ್ತಡವನ್ನು ಅವಲಂಬಿಸಿರುವುದರಿಂದಲೇ ಸೋಡವನ್ನು ಪಡೆಯಲು ಸಾಧ್ಯ. ಒತ್ತಡದ ಪ್ರಯೋಗದಿಂದ (ಸೋಡ ಮಾರುವ ಎಲ್ಲಾ ಅಂಗಡಿಗಳಲ್ಲೂ ಇರುವ ಉರುಳೆಯಾಕಾರದ ಪಾತ್ರೆಗಳಿಂದ) ಕಾರ್ಬನ್ ಡೈಯಾಕ್ಸೈಡನ್ನು ನೀರಿನೊಳಕ್ಕೆ ದೂಡಲಾಗುವುದು. ಒಂದು ಲೋಟದೊಳಗೆ ಸೋಡವನ್ನು ಸುರಿದಾಗ, ಒತ್ತಡವು ವಾಯುಮಂಡಲದ ಒತ್ತಡಕ್ಕೆ ಇಳಿಯುತ್ತದೆ ಮತ್ತು "ಹೆಚ್ಚುವರಿಯ" ಅನಿಲವನ್ನು ಗುಳ್ಳೆಗಳ ರೂಪದಲ್ಲಿ ನೀರು ಹೊರಗೆಡಹುತ್ತದೆ.

ಇಂತಹ ಪರಿಣಾಮಗಳನ್ನು ಗಮನದಲ್ಲಿಟ್ಟುಕೊಂಡು, ಆಳವಾದ ಸಮುದ್ರದಲ್ಲಿ ಮುಳುಗುವವರು ನೀರಿನೊಳಗಿಂದ ಮೇಲ್ಮೈಗೆ ಅತಿ ಶೀಘ್ರವಾಗಿ ಏಳಕೂಡದು. ಆಳವಾದ ನೀರಿನ ಮಟ್ಟದ ಒತ್ತಡದಿಂದ ಮುಳುಗುವವನ ರಕ್ತದಲ್ಲಿ ಗಾಳಿಯಲ್ಲಿನ ಹೆಚ್ಚುವರಿಯ ಪರಿಮಾಣಗಳು ವಿಲೀನವಾಗುತ್ತವೆ. ಮೇಲಕ್ಕೆ ಏರುವಾಗ, ಒತ್ತಡವು ಇಳಿಯುತ್ತದೆ ಮತ್ತು ಗಾಳಿಯು ಗುಳ್ಳೆಗಳ ರೂಪದಲ್ಲಿ ಹೊರಬಿದ್ದು ರಕ್ತನಾಳಗಳನ್ನು ಬಂಧಿಸಬಹುದು.

## ಘನ ದ್ರಾವಣಗಳು

ಸಾಮಾನ್ಯ ವ್ಯವಹಾರದಲ್ಲಿ "ದ್ರಾವಣ" ಎಂಬ ಪದವನ್ನು ದ್ರವಗಳಿಗೆ ಅನ್ವಯಿಸಲಾಗುವುದು. ಆದರೂ, ತಮ್ಮ ಪರಮಾಣುಗಳು ಮತ್ತು ಅಣುಗಳು ಏಕಪ್ರಕಾರವಾಗಿ ಹಂಚಿಕೆಯಾಗಿರುವ ಘನ ಮಿಶ್ರಣಗಳೂ ಇರುತ್ತವೆ. ಹಾಗಾದರೆ,

ಘನ ದ್ರಾವಣಗಳನ್ನು ಹೇಗೆ ಪಡೆಯಬಹುದು ? ಕಲಬತ್ತು ಮತ್ತು ಕುಟ್ಟಣಿಗಳ ಸಹಾಯದಿಂದ ಇದನ್ನು ಪಡೆಯಲಾಗುವುದಿಲ್ಲ. ಆದ್ದರಿಂದ, ಮಿಶ್ರಣಮಾಡಬೇಕಾಗಿರುವ ಪದಾರ್ಥಗಳನ್ನು ದ್ರವಗಳಾಗಿ ಮಾರ್ಪಡಿಸಿ, ಅಂದರೆ ಕರಗಿಸಿ, ಆಮೇಲೆ ದ್ರವಗಳನ್ನು ಬೆರಸಿ, ಮಿಶ್ರಣವು ಗಟ್ಟಿಯಾಗಲು ಬಿಡಬೇಕು. ಬೇರೆ ರೀತಿಯಲ್ಲಿಯೂ ಮಾಡಬಹುದು; ಮಿಶ್ರಮಾಡಬೇಕಾದ ಎರಡು ಪದಾರ್ಥಗಳನ್ನು ಯಾವುದಾದರೂ ಒಂದು ದ್ರವದಲ್ಲಿ ಲೀನಮಾಡಿ, ಆಮೇಲೆ ದ್ರಾವಕವನ್ನು ಬಾಷ್ಪೀಕರಿಸುವುದು. ಈ ವಿಧಗಳಲ್ಲಿ ಘನದ್ರಾವಣಗಳನ್ನು ಪಡೆಯಬಹುದು. ಇದು ಸಾಧ್ಯವಾದರೂ, ಸಾಧಾರಣವಾಗಿ ಅವುಗಳನ್ನು ಹೀಗೆ ಪಡೆಯಲಾಗುವುದಿಲ್ಲ. ಘನ ದ್ರಾವಣಗಳು ಅಪರೂಪ ವಸ್ತುಗಳು. ಉಪ್ಪು ನೀರಿನಲ್ಲಿ ಸಕ್ಕರೆಯ ಒಂದು ಚೂರನ್ನು ಹಾಕಿದರೆ, ಅದು ಬಹಳ ಚೆನ್ನಾಗಿ ಲೀನವಾಗುತ್ತದೆ. ನೀರನ್ನು ಬಾಷ್ಪೀಕರಿಸಿ; ಬಟ್ಟಲಿನ ತಳದಲ್ಲಿ ಅತಿ ಸಣ್ಣ ಪ್ರಮಾಣದ ಉಪ್ಪು ಮತ್ತು ಸಕ್ಕರೆ ಇವುಗಳ ಹರಳುಗಳು ಕಾಣಬರುವುವು. ಉಪ್ಪು ಮತ್ತು ಸಕ್ಕರೆ ಇವುಗಳಿಂದ ಘನ ದ್ರಾವಣವಾಗುವುದಿಲ್ಲ.

ಕ್ಯಾಡ್ಮಿಯಂ ಮತ್ತು ಬಿಸ್ಮತ್ತು ಇವುಗಳನ್ನು ಒಂದೇ ಮೂಸೆಯಲ್ಲಿ ಕರಗಿಸಬಹುದು. ತಣ್ಣಗಾದ ಮೇಲೆ, ಕ್ಯಾಡ್ಮಿಯಂ ಮತ್ತು ಬಿಸ್ಮತ್ತುಗಳ ಹರಳುಗಳ ಮಿಶ್ರಣವನ್ನು ಸೂಕ್ಷ್ಮದರ್ಶಕದಲ್ಲಿ ನೋಡಬಹುದು. ಬಿಸ್ಮತ್ತು ಮತ್ತು ಕ್ಯಾಡ್ಮಿಯಂ ಇವುಗಳ ಘನ ದ್ರಾವಣವೇರ್ಪಡುವುದಿಲ್ಲ.

ಘನ ದ್ರಾವಣ ಸಂಭವಿಸಲು ಅವಶ್ಯಕವಾದುದೂ, ಆದರೆ ಪೂರ್ಣ ಪರಿಣಾಮಕಾರಿ ಅಲ್ಲದ್ದೂ ಆದ ಪರಿಸ್ಥಿತಿಯೆಂದರೆ ರೂಪ ಮತ್ತು ಪರಿಮಾಣಗಳಲ್ಲಿ ಮಿಶ್ರಣ ಹೊಂದುತ್ತಿರುವ ಪದಾರ್ಥಗಳ ಅಣುಗಳ ಅಥವಾ ಪರಮಾಣುಗಳ ನಡುವಿನ ಆಕರ್ಷಣೆ. ಈ ಪರಿಸ್ಥಿತಿಯಲ್ಲಿ, ಮಿಶ್ರಣವು ಘನೀಭವಿಸಿದಾಗ ಒಂದು ಜಾತಿಯ ಹರಳುಗಳು ಉಂಟಾಗುವುವು. ಪ್ರತಿ ಒಂದು ಹರಳಿನ ಜಾಲಕ ಬಿಂದುಗಳಲ್ಲಿ ಸಾಮಾನ್ಯವಾಗಿ ಬೇರೆ ಬೇರೆ ಜಾತಿಯ ಪರಮಾಣುಗಳು (ಅಣುಗಳು) ಅವ್ಯವಸ್ಥಿತ ರೀತಿಯಲ್ಲಿ ನೆಲಸಿರುತ್ತವೆ.

ಯಾಂತ್ರಿಕ ವಿಜ್ಞಾನದ ದೃಷ್ಟಿಯಿಂದ ಬಹುಮುಖ್ಯವಾದ ಅನೇಕ ಮಿಶ್ರ

ಲೋಹಗಳು ಘನ ದ್ರಾವಣಗಳು. ಅತಿ ಸ್ವಲ್ಪ ಪ್ರಮಾಣದಲ್ಲಿ ಬೆರಕೆಯ ಪದಾರ್ಥದ ವಿಲೀನದಿಂದ ಲೋಹದ ಗುಣದಲ್ಲಿ ಮೂಲಭೂತವಾದ ಬದಲಾವಣೆಗಳು ಉಂಟಾಗ ಬಹುದು. ಇದಕ್ಕೆ ಗಮನಸೆಳೆಯುವ ಒಂದು ದೃಷ್ಟಾಂತವೆಂದರೆ ಯಂತ್ರಕಲಾ ವಿಜ್ಞಾನದಲ್ಲೆಲ್ಲಾ ಅತ್ಯಂತ ವಿಶೇಷವಾಗಿ ಉಪಯೋಗಿಸಲ್ಪಡುವ ಪದಾರ್ಥವಾದ ಉಕ್ಕನ್ನು ಪಡೆಯುವ ವಿಧಾನ – ಇದು ಕಬ್ಬಿಣದಲ್ಲಿ ಸ್ವಲ್ಪ ಪ್ರಮಾಣದ ಇಂಗಾಲದ (ಸುಮಾರು 0.5 ಪ್ರತಿಶತ ತೂಕದಷ್ಟು ಅಂದರೆ, ಕಬ್ಬಿಣದ ಪ್ರತಿ 40 ಪರಮಾಣು ಗಳಿಗೆ ಒಂದು ಇಂಗಾಲದ ಪರಮಾಣು) ಘನ ದ್ರಾವಣ, ಇದರಲ್ಲಿ ಇಂಗಾಲದ ಪರಮಾಣುಗಳು ಕಬ್ಬಿಣದ ಪರಮಾಣುಗಳ ನಡುವೆ ಅವ್ಯವಸ್ಥಿತ ರೀತಿಯಲ್ಲಿ ಹಂಚಿಕೆ ಯಾಗಿರುತ್ತವೆ.

ಕಬ್ಬಿಣದಲ್ಲಿ ಲೀನವಾಗುವ ಇಂಗಾಲದ ಪರಮಾಣುಗಳದ್ದು ಸಣ್ಣ ಸಂಖ್ಯೆ ಮಾತ್ರ. ಆದರೆ ಕೆಲವು ಘನ ದ್ರಾವಣಗಳು, ಮಿಶ್ರಣ ಪದಾರ್ಥಗಳನ್ನು ಅನಿರ್ದಿಷ್ಟ ಪ್ರಮಾಣಗಳಲ್ಲಿ ಮಿಶ್ರಮಾಡುವುದರಿಂದ ಉಂಟಾಗುವುವು. ಚಿನ್ನ ಮತ್ತು ತಾಮ್ರ ಇವುಗಳ ಮಿಶ್ರಲೋಹಗಳು ಇದಕ್ಕೆ ಉದಾಹರಣೆ. ಚಿನ್ನ ಮತ್ತು ತಾಮ್ರ ಇವುಗಳ ಹರಳುಗಳು ಒಂದೇ ಜಾತಿಯ – ಫಲಕ ಕೇಂದ್ರಿತ ಘನಾಕೃತಿಯ – ಜಾಲಕಗಳನ್ನು ಹೊಂದಿವೆ. ಚಿನ್ನ ಮತ್ತು ತಾಮ್ರ ಇವುಗಳ ಮಿಶ್ರಲೋಹವೂ ಇದೇ ಜಾಲಕವನ್ನು ಹೊಂದಿರುತ್ತದೆ. ತಾಮ್ರದ ಪ್ರತಿ ಶತ ಪ್ರಮಾಣವನ್ನು ಹೆಚ್ಚಿಸುತ್ತ ಹೋದರೆ ಮಿಶ್ರಲೋಹದ ರಚನೆಯ ವಿಚಾರವಾಗಿ ತಿಳಿವಳಿಕೆ ಪಡೆ ಯಲು ಜಾಲಕದಿಂದ ಚಿನ್ನದ ಪರಮಾಣುಗಳನ್ನು ಭಾವನಾತ್ಮಕವಾಗಿ ತೆಗೆದು ಹಾಕಿ ಮತ್ತು ಅವುಗಳಿಗೆ ಬದಲಾಗಿ ತಾಮ್ರದ ಪರಮಾಣುಗಳನ್ನು ಜೋಡಿಸಬೇಕು. ಅಲ್ಲದೆ, ಈ ರೀತಿಯ ಬದಲಾವಣೆಯು ಅವ್ಯವಸ್ಥಿತವಾಗಿ ಸಂಭವಿಸುವುದು. ಸಾಮಾನ್ಯವಾಗಿ ತಾಮ್ರದ ಪರಮಾಣುಗಳು ಜಾಲಕ ಬಿಂದುಗಳ ನಡುವೆ ಅವ್ಯವಸ್ಥಿತ ವಾಗಿ ಹಂಚಿಕೆ ಹೊಂದುವುವು.

ಚಿನ್ನದೊಡನೆ ತಾಮ್ರದ ಮಿಶ್ರಲೋಹಗಳನ್ನು ಬದಲಾವಣೆಯ ದ್ರಾವಣ ಗಳೆಂದು ಕರೆಯಬಹುದು. ಉಕ್ಕು ಒಂದು ಬೇರೆ ವಿಧವಾದ ದ್ರಾವಣ – ಅದು ಪ್ರವೇಶದ ದ್ರಾವಣ.

ಬಹುಸಂಖ್ಯೆಯ ದೃಷ್ಟಾಂತಗಳಲ್ಲಿ, ಘನ ದ್ರಾವಣಗಳು ಉಂಟಾಗುವುದಿಲ್ಲ ಮತ್ತು ಮೇಲೆ ಕಾಣಿಸಿರುವಂತೆ, ತಂಪಾದ ಮೇಲೆ ಪದಾರ್ಥವು ಎರಡು ಪದಾರ್ಥಗಳ ಸಣ್ಣ ಹರಳುಗಳ ಮಿಶ್ರಣವಾಗಿರುವುದನ್ನು ಸೂಕ್ಷ್ಮದರ್ಶಕದಲ್ಲಿ ನೋಡಬಹುದು.

## ದ್ರಾವಣಗಳು ಘನೀಭವಿಸುವ ಬಗೆ

ನೀರಿನಲ್ಲಿ ಯಾವುದಾದರೂ ಒಂದು ಲವಣದ ದ್ರಾವಣವನ್ನು ತಂಪುಮಾಡಿದರೆ, ಅದರ ಘನೀಭವನ ಶಾಖಾಂಕವು (ಹಿಮಾಂಕವು) ಕಡಿಮೆಯಾಗಿರುವುದು ತಿಳಿದುಬರುತ್ತದೆ. ಶೂನ್ಯ ಬಿಂದುವನ್ನು ದಾಟಲಾಗಿದೆ, ಆದರೆ ಘನತ್ವ ಸ್ಥಿತಿಯು ಸಂಭವಿಸಿಲ್ಲ. ಶೂನ್ಯದಿಂದ ಹಲವಾರು ಡಿಗ್ರಿಗಳ ಕೆಳಗಿನ ಉಷ್ಣಾಂಶದಲ್ಲಿ ಮಾತ್ರವೇ ದ್ರವದಲ್ಲಿ ಸಣ್ಣ ಸಣ್ಣ ಹರಳುಗಳು ಕಾಣಿಸಿಕೊಳ್ಳುವುವು. ಅವು ಶುದ್ಧ ಮಂಜುಗಡ್ಡೆಯಲ್ಲಿನ ಹರಳುಗಳು : ಗಟ್ಟಿ ಮಂಜುಗಡ್ಡೆಯಲ್ಲಿ ಲವಣವು ಲೀನವಾಗುವುದಿಲ್ಲ.

ಘನೀಭವನದ ಶಾಖಾಂಕ ಅಥವಾ ಹಿಮಾಂಕವು ದ್ರಾವಣದ ಸಾರೀಕರಣವನ್ನು ಅವಲಂಬಿಸಿರುವುದು. ದ್ರಾವಣದ ಸಾರೀಕರಣವನ್ನು ಹೆಚ್ಚಿಸಿದರೆ, ಅದರ ಹಿಮಾಂಕವು ಇಳಿಯುತ್ತದೆ. ಸಂತೃಪ್ತ ದ್ರಾವಣವು ಎಲ್ಲಕ್ಕಿಂತ ಕಡಿಮೆಯಾದ ಹಿಮಾಂಕವುಳ್ಳದ್ದಾಗಿರುತ್ತದೆ. ಒಂದು ದ್ರಾವಣದ ಹಿಮಾಂಕದ ಇಳುವರಿಯು ಸ್ವಲ್ಪ ಪ್ರಮಾಣದ್ದೇನೂ ಅಲ್ಲ : ಉದಾಹರಣೆಗೆ, ನೀರಿನಲ್ಲಿ ಸೋಡಿಯಂ ಕ್ಲೋರೈಡಿನ ಸಂತೃಪ್ತ ದ್ರಾವಣವು $-21\ ^{\circ}C$ಯಲ್ಲಿ ಘನೀಭವಿಸುತ್ತದೆ. ಇತರ ಲವಣಗಳ ಸಹಾಯದಿಂದ, ಇನ್ನೂ ಹೆಚ್ಚು ಪ್ರಮಾಣದ ಉಷ್ಣಾಂಶದ ಇಳುವರಿಯನ್ನು ಪಡೆಯಬಹುದು: ಉದಾಹರಣೆಗೆ, ಕ್ಯಾಲ್ಸಿಯಂ ಕ್ಲೋರೈಡನ್ನು ಉಪಯೋಗಿಸಿ ದ್ರಾವಣದ ಹಿಮಾಂಕವನ್ನು $-55\ ^{\circ}C$ಗೆ ಇಳಿಸಬಹುದು.

ಈಗ ಘನೀಭವಿಸುವ ಕ್ರಮವು ಹೇಗೆ ಸಂಭವಿಸುವುದು ಎಂಬುದನ್ನು ವಿಚಾರ ಮಾಡೋಣ. ಮಂಜುಗಡ್ಡೆಯಲ್ಲಿನ ಮೊಟ್ಟಮೊದಲಿನ ಸಣ್ಣ ಸಣ್ಣ ಹರಳುಗಳು ದ್ರಾವಣದಿಂದ ಹೊರಕ್ಕೆ ಬಿದ್ದಮೇಲೆ, ದ್ರಾವಣದ ಸಾರೀಕರಣವು ಹೆಚ್ಚುವುದು. ಈಗ ಪರಕೀಯ ಅಣುಗಳ ಸಂಬಂಧಿಕ ಸಂಖ್ಯೆಯು ಬೆಳೆಯುವುದು, ನೀರಿನ ಸ್ಫಟಿಕೀ

ಕರಣ ಕಾರ್ಯಕ್ಕಿರುವ ಅಡಚಣೆಗಳು ಹೆಚ್ಚುವುವು ಮತ್ತು ಹಿಮಾಂಕ ಬಿಂದುವು ಇಳಿಯುವುದು. ಉಷ್ಣಾಂಶವನ್ನು ಇನ್ನೂ ಇಳಿಸದೆ ಇದ್ದರೆ, ಸ್ಫಟಿಕೀಕರಣವು ನಿಲ್ಲುತ್ತದೆ. ಉಷ್ಣಾಂಶವನ್ನು ಇನ್ನೂ ಇಳಿಸಿದರೆ, ನೀರಿನ (ದ್ರಾವಕ) ಸಣ್ಣ ಹರಳುಗಳು ದ್ರಾವಣದಿಂದ ಹೊರಬೀಳುತ್ತ ಹೋಗುವುವು. ಕೊನೆಗೆ, ದ್ರಾವಣವು ಸಂತೃಪ್ತವಾಗುವುದು. ಇನ್ನೂ ಹೆಚ್ಚು ಲೀನ ಪದಾರ್ಥವನ್ನು ಸೇರಿಸಿ ದ್ರಾವಣವನ್ನು ಇನ್ನೂ ಹೆಚ್ಚು ಪುಷ್ಟಿಗೊಳಿಸಲು ಸಾಧ್ಯವಿಲ್ಲ ಮತ್ತು ದ್ರಾವಣವು ಘನೀಭವಿಸುತ್ತದೆ; ಅಲ್ಲದೆ, ಈ ಘನೀಭವಿಸಿದ ಮಿಶ್ರಣವನ್ನು ಸೂಕ್ಷ್ಮದರ್ಶಕದ ಮೂಲಕ ನೋಡಿದರೆ, ಅದು ಮಂಜುಗಡ್ಡೆಯ ಸಣ್ಣ ಹರಳುಗಳು ಮತ್ತು ಲವಣದ ಸಣ್ಣ ಹರಳುಗಳು ಇವುಗಳಿಂದ ಕೂಡಿರುವುದನ್ನು ಕಾಣಬಹುದು.

ಆದ್ದರಿಂದ, ಒಂದು ದ್ರಾವಣವು ಘನೀಭವಿಸುವ ಕ್ರಮವು ಒಂದು ಸರಳ ದ್ರವದ ಹಾಗಿಲ್ಲ. ಘನೀಭವಿಸುವ ಕಾರ್ಯಕ್ರಮವು ಒಂದು ವಿಶಾಲವಾದ ಉಷ್ಣಾಂಶದ ಅಂತರದಲ್ಲಿ ಪ್ರಸರಿಸಿರುತ್ತದೆ.

ಘನೀಭವಿಸಿರುವ ಒಂದು ಮೇಲ್ಮೈ ಮೇಲೆ ಉಪ್ಪನ್ನು ಸುರಿದರೆ ಏನಾಗುವುದು? ಅಂಗಳದ ಕೆಲಸಗಾರರು ಈ ಪ್ರಶ್ನೆಗೆ ಉತ್ತರವನ್ನು ಚೆನ್ನಾಗಿಬಲ್ಲರು– ಉಪ್ಪು ಮಂಜುಗಡ್ಡೆಯನ್ನು ಮುಟ್ಟಿದೊಡನೆಯೇ, ಮಂಜುಗಡ್ಡೆ ಕರಗಲು ಆರಂಭಿಸುವುದು. ಈ ಘಟನೆಯು ಸಂಭವಿಸಬೇಕಾದರೆ, ಸಂತೃಪ್ತ ಉಪ್ಪಿನ ದ್ರಾವಣದ ಹಿಮಾಂಕವು ಗಾಳಿಯಲ್ಲಿನ ಉಷ್ಣಾಂಶಕ್ಕಿಂತ ಕಡಿಮೆಯಾಗಿರುವುದು ಅವಶ್ಯಕ. ಈ ನಿಯಮವು ಪಾಲಿಸಲ್ಪಟ್ಟಿದ್ದರೆ, ಮಂಜುಗಡ್ಡೆ ಮತ್ತು ಉಪ್ಪು ಇವುಗಳ ಮಿಶ್ರಣವು ಅವಸ್ಥಾ ಚಿತ್ರದ ಒಂದು ಪರಕೀಯ ಪ್ರದೇಶದಲ್ಲಿ, ಅಂದರೆ, ಸ್ಥಿರತೆ ಸ್ಥಿತಿಯ ಪ್ರದೇಶದಲ್ಲಿ, ಇರುವುದು. ಆದ್ದರಿಂದ, ಉಪ್ಪಿನೊಡನೆ ನೀರಿನ ಮಿಶ್ರಣವು ದ್ರಾವಣವಾಗುವುದು, ಅಂದರೆ, ಮಂಜುಗಡ್ಡೆ ಕರಗುವುದು ಮತ್ತು ಹಾಗೆ ಉಂಟಾದ ನೀರಿನಲ್ಲಿ ಉಪ್ಪು ಲೀನವಾಗುವುದು. ಕೊನೆಗೆ, ಮಂಜುಗಡ್ಡೆ ಪೂರ್ತಿಯಾಗಿ ಕರಗಿ ಹೋಗುವುದು ಅಥವಾ ಹಿಮಾಂಕವು ಸುತ್ತುಮುತ್ತಲಿನ ಆವರಣದ ಉಷ್ಣಾಂಶಕ್ಕೆ ಸಮವಾಗುವಷ್ಟರ ಮಟ್ಟದ ಸಾರೀಕರಣವುಳ್ಳ ಒಂದು ದ್ರಾವಣವು ಏರ್ಪಡುವುದು.

100 ಮೀ² ಕ್ಷೇತ್ರಫಲವಿರುವ ಒಂದು ಅಂಗಳವು 1 ಸೆಂ.ಮೀ. ಮಂಜು

ಗಡ್ಡೆಯು ಪದರದಿಂದ ಮುಚ್ಚಿದೆ ಎಂದು ಇಟ್ಟುಕೊಳ್ಳೋಣ – ಇದು ಒಂದು ದೊಡ್ಡ ಪರಿಮಾಣದ ಮಂಜುಗಡ್ಡೆ, ಸುಮಾರು ಒಂದು ಟನ್. ಉಷ್ಣಾಂಶವು —3 °C ಆಗಿದ್ದರೆ, ಈ ಮಂಜುಗಡ್ಡೆಯನ್ನು ಕರಗಿಸಲು ಎಷ್ಟು ಉಪ್ಪು ಬೇಕಾಗುವುದೆಂಬು ದನ್ನು ಗಣನೆಮಾಡಿ ಕಂಡುಹಿಡಿಯೋಣ. ಇಂತಹ ಹಿಮಾಂಕಕ್ಕೆ (ಕುದಿಕಾವಿಗೆ) ಉಪ್ಪಿನ ದ್ರಾವಣದ ಸಾರೀಕರಣವು 45 ಗ್ರಾಂ/ಲೀ. ಆಗಿರಬೇಕು. ಒಂದು ಲೀಟರ್ ನೀರು ಹೆಚ್ಚು ಕಡಿಮೆ ಒಂದು ಕಿಲೋಗ್ರಾಂ ಮಂಜುಗಡ್ಡೆಗೆ ಸರಿತೂಗುವುದು. ಆದ್ದ ರಿಂದ —3 °C ಉಷ್ಣಾಂಶದಲ್ಲಿ ಒಂದು ಟನ್ ಮಂಜುಗಡ್ಡೆಯನ್ನು ಕರಗಿಸಲು 45 ಕಿ.ಗ್ರಾಂ. ಉಪ್ಪು ಬೇಕಾಗುವುದು. ಸಾಮಾನ್ಯ ಆಚರಣೆಯಲ್ಲಿ ಇದಕ್ಕಿಂತ ಬಹಳ ಕಡಿಮೆ ಉಪ್ಪನ್ನು ಉಪಯೋಗಿಸಲಾಗುವುದು. ಏಕೆಂದರೆ, ಮಂಜುಗಡ್ಡೆಯನ್ನೆಲ್ಲ ಪೂರ್ತಿಯಾಗಿ ಕರಗುವಂತೆ ಮಾಡುವ ಉದ್ದೇಶವಿರುವುದಿಲ್ಲ.

ಉಪ್ಪಿನೊಡನೆ ಬೆರಸಿದಾಗ ಮಂಜುಗಡ್ಡೆ ಕರಗುತ್ತದೆ ಮತ್ತು ಉಪ್ಪು ನೀರಿ ನಲ್ಲಿ ಲೀನವಾಗುತ್ತದೆ. ಆದರೆ ಕರಗಿಸಲು ಶಾಖವು ಬೇಕಾಗಿರುವುದು ಮತ್ತು ಮಂಜುಗಡ್ಡೆ ಈ ಶಾಖವನ್ನು ತನ್ನ ಸುತ್ತುಮುತ್ತಲಿನ ಪ್ರದೇಶದಿಂದ ತೆಗೆದುಕೊಳ್ಳು ವುದು. ಆದ್ದರಿಂದ ಮಂಜುಗಡ್ಡೆಗೆ ಉಪ್ಪು ಸೇರಿಸುವುದರಿಂದ ಉಷ್ಣಾಂಶವು ಕಡಿಮೆಯಾಗುವುದು.

ಈಗ ನಾವು ಮಂಜುಕಿಸೆ ಪಲ್ಯಾ, ಅಂದರೆ ಐಸ್‌ಕ್ರೀಮ್ ಕೊಂಡುಕೊಳ್ಳುವ ಅಭ್ಯಾಸ ಮಾಡಿದ್ದೇವೆ, ಆದರೆ ಹಿಂದೆ ಇದನ್ನು ಮನೆಯಲ್ಲಿಯೇ ತಯಾರಿಸು ತ್ತಿದ್ದರು. ಈ ಸಂದರ್ಭದಲ್ಲಿ, ಮಂಜುಗಡ್ಡೆ ಮತ್ತು ಉಪ್ಪು ಇವುಗಳ ಮಿಶ್ರಣವು ಒಂದು ಶೀತಕಾರಿ ಪಾತ್ರವನ್ನು ವಹಿಸಿತ್ತು.

## ದ್ರಾವಣಗಳನ್ನು ಕುದಿಸುವುದು

ದ್ರಾವಣಗಳನ್ನು ಕುದಿಸುವುದಕ್ಕೂ ಅವುಗಳನ್ನು ಘನೀಕರಿಸುವುದಕ್ಕೂ ಬಹು ಮಟ್ಟಿನ ಸಾಮ್ಯವುಂಟು.

ಲೀನ ಪದಾರ್ಥದ ಇರುವಿಕೆಯಿಂದ ಸ್ಫಟಿಕೀಕರಣವು ಅಡಚಣೆಗೀಡಾಗುವುದು. ಅದೇ ಕಾರಣಗಳಿಂದ, ಲೀನ ಪದಾರ್ಥವು ಕುದಿಯುವಿಕೆಗೂ ಅಡ್ಡಿಮಾಡುತ್ತದೆ.

ಎರಡು ಸಂದರ್ಭಗಳಲ್ಲಿಯೂ, ಪರಕೀಯ ಅಣುಗಳು ದ್ರಾವಣವು ಎಷ್ಟಾದರೆ ಅಷ್ಟು ನಿಸ್ಸಾರವಾಗಿರುವಂತೆ ನಿರ್ಲಿಪ್ತಿಕೊಳ್ಳಲು ಹೋರಾಡುತ್ತವೆಯೋ ಎಂಬಂತೆ ತೋರುವುದು. ಅರ್ಥಾತ್ ಪರಕೀಯ ಅಣುಗಳು ಅವುಗಳನ್ನು ವಿಲೀನವಾಗಿ ಕೊಳ್ಳಬಲ್ಲ ಮೂಲ ಪದಾರ್ಥದ ಸ್ಥಿತಿಯನ್ನು ಸ್ಥಿರಪಡಿಸುತ್ತವೆ (ಅದರ ಸ್ಥಾಯಿತ್ವಕ್ಕೆ ಅನುಕೂಲವಾಗಿರುತ್ತವೆ).

ಆದ್ದರಿಂದ, ಪರಕೀಯ ಅಣುಗಳು ಒಂದು ದ್ರವದ ಸ್ಫಟಿಕೀಕರಣಕ್ಕೆ ಅಡ್ಡಿ ಮಾಡುತ್ತವೆ, ಮತ್ತು ಹೀಗಾಗಿ ಹಿಮಾಂಕವನ್ನು ಇಳಿಸುತ್ತವೆ. ಇದೇ ರೀತಿಯಲ್ಲಿಯೇ, ಪರಕೀಯ ಅಣುಗಳು ದ್ರವದ ಕುದಿಯುವಿಕೆಗೂ ಅಡ್ಡಿ ಮಾಡುತ್ತವೆ ಮತ್ತು ಅದರ ಕುದಿಕಾವನ್ನು ಏರಿಸುತ್ತವೆ.

ಸಾರೀಕರಣದ ಕೆಲವು ಮಿತಿಗಳೊಳಗೆ (ಅತಿ ಹೆಚ್ಚಾಗಿ ಸಾರೀಕರಿಸಿದ ದ್ರಾವಣಗಳಿಗಲ್ಲ), ದ್ರಾವಣದ ಹಿಮಾಂಕದ ಇಳಿತವಾಗಲಿ ಅಥವಾ ಕುದಿಕಾವಿನ ಏರಿಕೆಯಾಗಲಿ ಲೀನ ಪದಾರ್ಥದ ಲಕ್ಷಣಗಳನ್ನು ಅತಿ ಸ್ವಲ್ಪವೇ ಅವಲಂಬಿಸಿರುವುವು, ಆದರೆ ಇವು ಅದರಲ್ಲಿನ ಅಣುಗಳ ಸಂಖ್ಯೆಯ ಮಾತ್ರದಿಂದಲೇ ನಿರ್ಣಯಿಸಲ್ಪಡುವುದು. ಈ ಸ್ವಾರಸ್ಯವಾದ ವಿಷಯವನ್ನು ದ್ರಾವ್ಯ ಪದಾರ್ಥಗಳ ಅಣವಿಕ ದ್ರವ್ಯಾಂಶವನ್ನು ಕಂಡುಹಿಡಿಯಲು ಉಪಯೋಗಿಸಲಾಗುವುದು. ಇದನ್ನು (ಇಲ್ಲಿ ಕೊಡಲಾಗದ) ಒಂದು ವಿಶೇಷ ಸೂತ್ರದ ಸಹಾಯದಿಂದ ಮಾಡಲಾಗುವುದು. ಈ ಸೂತ್ರವು ಹಿಮಾಂಕ ಅಥವಾ ಕುದಿಕಾವಿನಲ್ಲಾಗುವ ವ್ಯತ್ಯಾಸಕ್ಕೂ, ದ್ರಾವಣದ ಒಂದು ಏಕಮಾನ ಗಾತ್ರದಲ್ಲಿರುವ ಅಣುಗಳ ಸಂಖ್ಯೆಗೂ (ಮತ್ತು ಕರಗುವ ಅಥವಾ ಕುದಿಯುವ ಉಷ್ಣ ಪರಿಮಾಣಕ್ಕೂ) ಇರುವ ಸಂಬಂಧವನ್ನು ಕೊಡುತ್ತದೆ.

ನೀರಿನ ಕುದಿಕಾವು ಅದರ ಹಿಮಾಂಕದ ಇಳಿತಕ್ಕೆ ಮೂರರಲ್ಲಿ ಒಂದು ಭಾಗದಷ್ಟು ಹೆಚ್ಚಿಸಲ್ಪಡುತ್ತದೆ. ಉದಾಹರಣೆಗೆ, ಸುಮಾರು 3.5% ಉಪ್ಪನ್ನೊಳಗೊಂಡಿರುವ ಸಮುದ್ರದ ನೀರಿನ ಕುದಿಕಾವು 100.6 °C ಆಗಿದ್ದರೆ, ಅದರ ಹಿಮಾಂಕವು 2 °C ಗಳಷ್ಟು ಇಳಿಯುತ್ತದೆ.

ಒಂದು ದ್ರವವು ಮತ್ತೊಂದಕ್ಕಿಂತ ಹೆಚ್ಚಿನ ಉಷ್ಣಾಂಶದಲ್ಲಿ ಕುದಿಯುತ್ತಿದ್ದರೆ, ಆಗ (ಅದೇ ಉಷ್ಣಾಂಶದಲ್ಲಿ) ಅದರ ಬಾಷ್ಪ ಒತ್ತಡವು ಮತ್ತೊಂದ

ದಕ್ಕಿಂತ ಕಡಿಮೆಯಾಗಿರುತ್ತದೆ. ಆದ್ದರಿಂದ ಒಂದು ದ್ರಾವಣದ ಬಾಷ್ಪ ಒತ್ತಡವು ಶುದ್ಧ ದ್ರಾವಕದಕ್ಕಿಂತ ಕಡಿಮೆಯಾಗಿರುವುದು. ಈ ಮುಂದಿನ ಮೌಲ್ಯಗಳ ಆಧಾರದ ಮೇಲೆ ಈ ವ್ಯತ್ಯಾಸವೆಷ್ಟೆಂಬುದನ್ನು ತಿಳಿಯಬಹುದು : 20 °Cಯಲ್ಲಿ ಬಾಷ್ಪ ಒತ್ತಡವು 17.5 ಮಿ.ಮೀ. Hgಗೆ ಸಮವಾಗಿರುತ್ತದೆ ಮತ್ತು ಅದೇ ಉಷ್ಣಾಂಶದಲ್ಲಿ ಸೋಡಿಯಂ ಕ್ಲೋರೈಡಿನ ಸಂತೃಪ್ತ ದ್ರಾವಣದ ಬಾಷ್ಪ ಒತ್ತಡವು 13.2 ಮಿ.ಮೀ. Hg ಆಗಿರುತ್ತದೆ.

15 ಮಿ.ಮೀ. Hg ಒತ್ತಡವುಳ್ಳ ಬಾಷ್ಪವು ನೀರಿನದಾಗಿದ್ದರೆ ಅಸಂತೃಪ್ತವಾಗಿರುವುದು. ಉಪ್ಪಿನ ಸಂತೃಪ್ತ ದ್ರಾವಣದ್ದಾಗಿದ್ದರೆ ಅತಿ ಸಂತೃಪ್ತವಾಗಿರುವುದು. ಇಂತಹ ದ್ರಾವಣವಿರುವ ಪರಿಸ್ಥಿತಿಯಲ್ಲಿ ಬಾಷ್ಪವು ದ್ರವವಾಗಿ, ದ್ರಾವಣದೊಡನೆ ಬಂದು ಕೂಡಿಕೊಳ್ಳಲು ಆರಂಭಿಸುವುದು. ಉಪ್ಪಿನ ದ್ರಾವಣವೇ ಅಲ್ಲದೆ, ಪುಡಿಮಾಡಿದ ಉಪ್ಪು ಕೂಡ ಗಾಳಿಯಿಂದ ನೀರಿನ ಬಾಷ್ಪವನ್ನು ತೆಗೆದುಕೊಳ್ಳುತ್ತದೆ. ವಾಸ್ತವದಲ್ಲಿ, ಉಪ್ಪಿನ ಮೇಲೆ ಬೀಳುವ ಮೊಟ್ಟಮೊದಲನೆಯ ನೀರಿನ ಹನಿಯು ಅದನ್ನು ವಿಲೀನಮಾಡುತ್ತದೆ ಮತ್ತು ಒಂದು ಸಂತೃಪ್ತ ದ್ರಾವಣವನ್ನು ಉಂಟುಮಾಡುತ್ತದೆ.

ಉಪ್ಪು ಗಾಳಿಯಿಂದ ನೀರಿನ ಬಾಷ್ಪವನ್ನು ಹೀರುವುದರಿಂದ ತೇವ(ಆರ್ದ್ರ) ವಾಗುವುದು. ಅಡಿಗೆಕಾರರಿಗೆ ಇದು ಚೆನ್ನಾಗಿ ಪರಿಚಯವಿದ್ದು ಅವರಿಗೆ ವ್ಯಥೆಯುಂಟುಮಾಡುವುದು. ಆದರೆ, ದ್ರಾವಣದ ಮೇಲಿನ ಬಾಷ್ಪ ಒತ್ತಡವು ಹೀಗೆ ಕಡಿಮೆಯಾಗುವುದು ಪ್ರಯೋಜನಕಾರಿಯಾಗಿಯೂ ಇರಬಹುದು : ಪ್ರಯೋಗಶಾಲೆಗಳಲ್ಲಿನ ವ್ಯವಹಾರಗಳಲ್ಲಿ ಗಾಳಿಯನ್ನು ತೇವವಿಲ್ಲದಂತೆ ಮಾಡಲು ಇದನ್ನು ಉಪಯೋಗಿಸುವರು. ಗಾಳಿಯಿಂದ ತೇವವನ್ನು ಹೀರುವುದರಲ್ಲಿ ಪರಮಾವಧಿ ಶಕ್ತಿಯುಳ್ಳ ಕ್ಯಾಲ್ಸಿಯಂ ಕ್ಲೋರೈಡಿನ ಮೂಲಕ ಗಾಳಿಯನ್ನು ಹಾಯಿಸಲಾಗುವುದು. ಸೋಡಿಯಂ ಕ್ಲೋರೈಡಿನ ಸಂತೃಪ್ತ ದ್ರಾವಣದ ಬಾಷ್ಪ ಒತ್ತಡವು 13.2 ಮಿ.ಮೀ Hg ಆದ್ದರೆ, ಕ್ಯಾಲ್ಸಿಯಂ ಕ್ಲೋರೈಡಿನ ಬಾಷ್ಪ ಒತ್ತಡವು 5.6 ಮಿ.ಮೀ. Hg ಆಗುವುದು. ಅದನ್ನು ಕ್ಯಾಲ್ಸಿಯಂ ಕ್ಲೋರೈಡಿನ (ಇವರ 1 ಕಿ.ಗ್ರಾಂ. ಸುಮಾರು 1 ಕಿ.ಗ್ರಾಂ ನೀರಿಗೆ "ಸ್ಥಳ" ಕೊಡುವುದು) ಸಾಕಷ್ಟು ಮೊತ್ತದ ಮೂಲಕ ಹಾಯಿಸಿ

ದರೆ, ಬಾಷ್ಪ ಒತ್ತಡವು ಈ ಮೌಲ್ಯಕ್ಕೆ ಇಳಿಯುತ್ತದೆ. ಇದು ಬಹಳ ಕಡಿಮೆ ಮಟ್ಟದ ಆರ್ದ್ರತೆ. ಇಂತಹ ಗಾಳಿಯನ್ನು ನಿರ್ಜಲ ಗಾಳಿಯೆಂದೇ ಪರಿಗಣಿಸಬಹುದು.

## ದ್ರವಗಳನ್ನು ಬೆರಕೆ ಪದಾರ್ಥಗಳಿಲ್ಲದಂತೆ ಶುದ್ಧಪಡಿಸುವುದು ಹೇಗೆ

ದ್ರವಗಳನ್ನು ಬೆರಕೆಪದಾರ್ಥಗಳಿಲ್ಲದಂತೆ ಮಾಡಲು ಆಸವನ ಅಥವಾ ಬಟ್ಟಿ ಇಳಿಸುವುದು, ಒಂದು ಅತಿ ಮುಖ್ಯವಾದ ಸಾಧನ. ದ್ರವವನ್ನು ಕುದಿಸಿ ಬಾಷ್ಪವನ್ನು ಒಂದು ಪ್ರಶೀತಕಯಂತ್ರದೊಳಕ್ಕೆ ಬಿಡಲಾಗುವುದು. ತಂಪಾದಾಗ, ಬಾಷ್ಪವು ಪುನಃ ದ್ರವವಾಗುವುದು, ಆದರೆ, ಈ ದ್ರವವು ಮೊದಲಿನ ದ್ರವಕ್ಕಿಂತ ಹೆಚ್ಚು ಶುದ್ಧವಾಗಿರುವುದು.

ದ್ರವದಲ್ಲಿ ಲೀನವಾಗಿರುವ ಘನ ಪದಾರ್ಥಗಳನ್ನು ತೆಗೆದು ಹಾಕುವುದನ್ನು ಆಸವನದ ಸಹಾಯದಿಂದ ಸುಲಭವಾಗಿ ಮಾಡಬಹುದು. ನೀರಿನ ಆವಿಯಲ್ಲಿ ಇಂತಹ ಪದಾರ್ಥಗಳ ಅಣುಗಳು ಇರುವುದೇ ಇಲ್ಲ. ಖನಿಜಗಳ ಮಿಶ್ರಣವಿಲ್ಲದ ಹಾಗೂ ಪೂರ್ತಿಯಾಗಿ ರುಚಿ ಇಲ್ಲದ ಶುದ್ಧವಾದ ನೀರನ್ನು ಈ ರೀತಿ ಬಟ್ಟಿ ಇಳಿಸಿ ತಯಾರಿಸಬಹುದು.

ಆದರೂ, ಬಾಷ್ಪೀಕರಣದ ಉಪಯೋಗದಿಂದ, ದ್ರವರೂಪದ ಬೆರಕೆಗಳನ್ನೂ ತೊಲಗಿಸಬಹುದು ಮತ್ತು ಎರಡು ಅಥವಾ ಹೆಚ್ಚು ಸಂಖ್ಯೆಯ ದ್ರವಗಳನ್ನುಳ್ಳ ಮಿಶ್ರಣವನ್ನು ಬೇರ್ಪಡಿಸಬಹುದು. ಈ ಸನ್ನಿವೇಶದಲ್ಲಿ, ಮಿಶ್ರಣವಾಗಿರುವ ಎರಡು ದ್ರವಗಳು ಒಂದೇ "ಸೌಲಭ್ಯ"ದಿಂದ ಕುದಿಯುವುದಿಲ್ಲ ಎಂಬ ವಿಷಯವನ್ನು ಉಪಯೋಗಿಸಿಕೊಳ್ಳುತ್ತೇವೆ.

ಉದಾಹರಣೆಗೆ. ನೀರು ಮತ್ತು ಈಥೈಲ್ ಆಲ್ಕೊಹಾಲ್ – ಈ ಎರಡು ದ್ರವಗಳನ್ನು ಒಂದೇ ಪಾತ್ರದಲ್ಲಿ ಸೇರಿಸಿ ಆಗುವ ಮಿಶ್ರಣವು (100 ಬಲದ ಪ್ರೂಫ್) ಕುದಿಸಿದಾಗ ಹೇಗೆ ವರ್ತಿಸುವುದೆಂಬುದನ್ನು ಪರಿಶೀಲಿಸೋಣ.

ಪ್ರಮಾಣಭೂತ ಒತ್ತಡದಲ್ಲಿ ನೀರು 100 °Cಯಲ್ಲಿಯೂ ಮತ್ತು ಆಲ್ಕೊಹಾಲ್ 78 °Cಯಲ್ಲಿಯೂ ಕುದಿಯುತ್ತವೆ. ನಾವು ಪರಿಶೀಲಿಸುತ್ತಿರುವ ಮಿಶ್ರಣವು

81.2 °Cಗಳ ಮಧ್ಯವರ್ತಿಯಾದ ಉಷ್ಣಾಂಶದಲ್ಲಿ ಕುದಿಯುತ್ತದೆ. ಆಲ್ಕೊಹಾಲ್ ಕುದಿಯುವುದು ಹೆಚ್ಚು ಸುಲಭ, ಆದ್ದರಿಂದ ಅದರ ಬಾಷ್ಪ ಒತ್ತಡವು ಹೆಚ್ಚು ಪ್ರಮಾಣದ್ದು ಮತ್ತು ಮಿಶ್ರಣದ ಆರಂಭದಲ್ಲಿ 50% ರಚನೆಯಿದ್ದರೆ, ಬಾಷ್ಪದ ಮೊದಲಿನ ಭಾಗವು 80% ಆಲ್ಕೊಹಾಲ್ ಉಳ್ಳದ್ದಾಗಿರುವುದು.

ಹಾಗೆ ಹೊಂದಲ್ಪಟ್ಟ ಬಾಷ್ಪ ಭಾಗವನ್ನು ಒಂದು ಶೀತಕದೊಳಕ್ಕೆ ಬಿಟ್ಟು, ಆಲ್ಕೊಹಾಲ್ ಹೆಚ್ಚಿರುವ ದ್ರವವನ್ನು ಪಡೆಯಬಹುದು. ಈ ಕ್ರಮವನ್ನು ಮತ್ತೂ ಪುನರಾವರ್ತಿಸಬಹುದು. ಆದರೇನು, ಈ ವಿಧಾನವು ವ್ಯಾವಹಾರಿಕವಾಗಿ ಕಾರ್ಯಕಾರಿ ಅಲ್ಲವೆಂಬುದು ಸ್ಪಷ್ಟ, ಏಕೆಂದರೆ ಪ್ರತಿ ಒಂದು ಆಸವನ ಕಾರ್ಯವಾದ ಮೇಲೂ, ಕಡಿಮೆ ಕಡಿಮೆಯ ಪ್ರಮಾಣದಲ್ಲಿ ಪದಾರ್ಥವು ಕೈಗತವಾಗುವುದು. ಇಂತಹ ನಷ್ಟವು ಸಂಭವಿಸದೇ ಇರುವುದಕ್ಕಾಗಿ, ಪ್ರಭಾಜಕ (ಅಂದರೆ, ಶುದ್ಧಿ ಪಡಿಸುವ) ಸ್ತಂಭಗಳನ್ನು ದ್ರವವನ್ನು ಶುದ್ಧಿಮಾಡಲು ಉಪಯೋಗಿಸಲಾಗುವುದು.

ಈ ಕುತೂಹಲಕರವಾದ ಉಪಕರಣದ ರಚನಾಕ್ರಮದ ಹಿಂದಿರುವ ಭಾವವು ಹೀಗಿದೆ. ತನ್ನ ಕೆಳಭಾಗದಲ್ಲಿ ದ್ರವ ಮಿಶ್ರಣವನ್ನುಳ್ಳ ಊರ್ಧ್ವದಿಕ್ಕಿನ ಸ್ತಂಭ ಒಂದನ್ನು ಊಹಿಸಿಕೊಳ್ಳಿ. ಸ್ತಂಭದ ಕೆಳಗಡೆ ಶಾಖವನ್ನು ಒದಗಿಸಲಾಗುವುದು ಮತ್ತು ಮೇಲ್ಭಾಗದಲ್ಲಿ ತಂಪುಗೊಳಿಸಲಾಗುವುದು. ಕುದಿಯುವುದರಿಂದ ಉಂಟಾಗುವ ಬಾಷ್ಪವು ಮೇಲಕ್ಕೆ ಏಳುವುದು ಮತ್ತು ಹನಿಯಾಗುವುದು; ಹೀಗಾದ ದ್ರವವು ಕೆಳಕ್ಕೆ ಹರಿಯುವುದು. ಒಂದು ನಿರ್ದಿಷ್ಟ ಮೊತ್ತದಲ್ಲಿ ಕೆಳಗಿನಿಂದ ಶಾಖವನ್ನು ಒದಗಿಸುವುದೂ ಮತ್ತು ಮೇಲಿಂದ ಶಾಖವನ್ನು ತೆಗೆಯುವುದೂ ಆದರೆ, ಮೇಲಕ್ಕೇಳುವ ಬಾಷ್ಪದ ಮತ್ತು ಕೆಳಕ್ಕೆ ಹರಿಯುವ ದ್ರವದ ಪರಸ್ಪರ ವಿರೋಧಿ ಪ್ರವಾಹಗಳು ಮುಚ್ಚಿರುವ ಸ್ತಂಭದಲ್ಲಿ ಏರ್ಪಡುವುವು.

ಸ್ತಂಭದ ಯಾವುದಾದರೂ ಒಂದು ಕ್ಷಿತಿಜ ದಿಕ್ಕಿನ ಅಡ್ಡಕೊಯ್ತು, ಅಂದರೆ ಛೇದದ ಮೇಲೆ ನಮ್ಮ ಗಮನವನ್ನು ನಿಲ್ಲಿಸೋಣ. ಈ ಅಡ್ಡಕೊಯ್ತದಲ್ಲಿ ದ್ರವವು ಕೆಳಗಡೆಗೂ ಮತ್ತು ಬಾಷ್ಪವು ಮೇಲುಗಡೆಗೂ ಸಾಗುತ್ತವೆ; ಅಲ್ಲದೆ, ದ್ರವ ಮಿಶ್ರಣದಲ್ಲಿ ಸೇರಿರುವ ಪದಾರ್ಥಗಳು ಯಾವುವೂ ಹಿಂದುಳಿಯುವುದಿಲ್ಲ. ಆಲ್ಕೊಹಾಲ್ ಮತ್ತು ನೀರು ಇವುಗಳ ಮಿಶ್ರಣವನ್ನುಳ್ಳ ಸ್ತಂಭವನ್ನು ನಾವು ಪರಿಶೀಲಿಸು

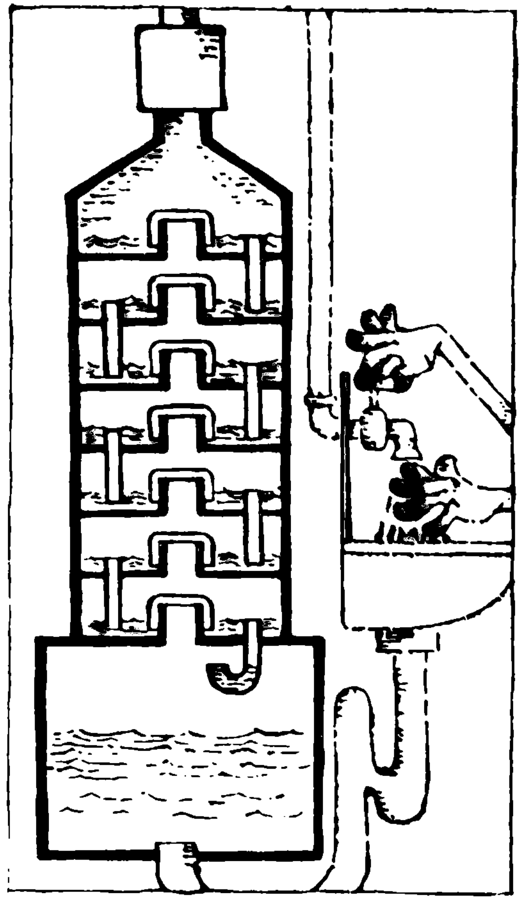
ತ್ತಿದ್ದರೆ, ಮೇಲುಗಡೆಗೂ ಮತ್ತು ಕೆಳಗಡೆಗೂ ಹಾಯುತ್ತಿರುವ ಆಲ್ಕೋಹಾಲಿನ ಮೊತ್ತವು, ಮೇಲಕ್ಕೂ ಕೆಳಕ್ಕೂ ಹರಿಯುತ್ತಿರುವ ನೀರಿನ ಮೊತ್ತದಂತೆಯೇ, ಸಮವಾಗಿರುವುದು. ದ್ರವವು ಕೆಳಕ್ಕೆ ಹೋಗುತ್ತಲೂ ಮತ್ತು ಬಾಷ್ಪವು ಮೇಲಕ್ಕೆ ಬರುತ್ತಲೂ ಇರುವುದರಿಂದ, ಇದರ ಅರ್ಥವೇನೆಂದರೆ, ಸ್ತಂಭದ ಯಾವುದೇ ಎತ್ತರದಲ್ಲಿ ದ್ರವ ಮತ್ತು ಬಾಷ್ಪ ಇವುಗಳ ಸಂಘಟನೆಗಳು ಒಂದೇ ಆಗಿರುವುವು.

ಇದಕ್ಕೆ ವಿರುದ್ಧವಾಗಿ, ಈಗ ತಾನೆ ವಿವರಿಸಿದಂತೆ, ಎರಡು ಪದಾರ್ಥಗಳ ಮಿಶ್ರಣದ ದ್ರವ ಮತ್ತು ಬಾಷ್ಪ ಇವುಗಳ ಸಮತಾಸ್ಥಿತಿಗೆ ಈ ಅವಸ್ಥಾ ಸ್ಥಿತಿಗಳ ಸಂಘಟನೆಗಳಲ್ಲಿ ವ್ಯತ್ಯಾಸವಿರಬೇಕು. ಆದ್ದರಿಂದ ದ್ರವವು ಬಾಷ್ಪಕ್ಕೆ ಮಾರ್ಪಡುವುದೂ, ಬಾಷ್ಪವು ದ್ರವಕ್ಕೆ ಮಾರ್ಪಡುವುದೂ ಸ್ತಂಭದ ಯಾವ ಎತ್ತರದಲ್ಲಿಯೂ ಸಂಭವಿಸುವುವು. ಇದೂ ಅಲ್ಲದೆ, ಹೆಚ್ಚು ಉಷ್ಣಾಂಶದಲ್ಲಿ ಕುದಿಯುವ ಘಟಕವು ಹನಿಯಾಗುವುದು ಮತ್ತು ಕಡಿಮೆ ಉಷ್ಣಾಂಶದಲ್ಲಿ ಕುದಿಯುವ ಘಟಕವು ದ್ರವ ರೂಪದಿಂದ ಬಾಷ್ಪವಾಗುವುದು.

ಇದರಿಂದಾಗಿ, ಮೇಲಕ್ಕೇರುತ್ತಿರುವ ಬಾಷ್ಪವು ಕಡಿಮೆ ಕುದಿಕಾವಿನ ಘಟಕವನ್ನು ಪ್ರತ್ಯೇಕಿಸಿ ಸಾಗಿಸುತ್ತಿರುವಂತೆಯೂ, ಮತ್ತು ಕೆಳಕ್ಕೆ ಹರಿಯುತ್ತಿರುವ ದ್ರವವು ಅಧಿಕ ಕುದಿಕಾವಿನ ಘಟಕದಿಂದ ಪುಷ್ಟಿಯಾಗುತ್ತಿರುವಂತೆಯೂ ಕಾಣುವುದು. ಪ್ರತಿ ಎತ್ತರದಲ್ಲಿಯೂ ಮಿಶ್ರಣದ ಸಂಘಟನವು ಬೇರೆ ಬೇರೆಯಾಗುತ್ತದೆ : ಮಿಶ್ರಣವು ಹೆಚ್ಚು ಎತ್ತರದಲ್ಲಿದ್ದಷ್ಟೂ ಕಡಿಮೆ ಕುದಿಕಾವಿನ ಘಟಕದ ಶೇಕಡಾ ಪ್ರಮಾಣವು ದೊಡ್ಡದಾಗಿರುವುದು. ಆದರ್ಶ ಪರಿಸ್ಥಿತಿಯಲ್ಲಿ, ಮೇಲುಗಡೆಯಲ್ಲಿ ಕಡಿಮೆ ಕುದಿಕಾವಿನ ಘಟಕದ ಒಂದು ಶುದ್ಧ ಪದರವೂ ಮತ್ತು ತಳದಲ್ಲಿ ಅಧಿಕ ಕುದಿಕಾವಿನ ಘಟಕದ ಒಂದು ಶುದ್ಧ ಪದರವೂ ಇರುತ್ತವೆ.

ಈಗ, ಬೇಗ ಕುದಿಯುವುದನ್ನು ಮೇಲಿಂದಲೂ, ತಡವಾಗಿ ಕುದಿಯುವುದನ್ನು ಕೆಳಭಾಗದಿಂದಲೂ ನಿಧಾನವಾಗಿ ತೆಗೆಯುತ್ತಾ, ಪದಾರ್ಥಗಳನ್ನು ಬೇರ್ಪಡಿಸಿಕೊಳ್ಳಬೇಕು. ಆದರೆ ಎಷ್ಟು ನಿಧಾನವಾಗಿ ಮಾಡಬೇಕೆಂದರೆ, ಈಗತಾನೆ ರೂಪಿಸಿದ ಆದರ್ಶ ಚಿತ್ರವು ಕೆಡದಂತೆ ಇರುವ ಹಾಗೆ.

ಆಚರಣೆಯಲ್ಲಿ ಈ ಬೇರ್ಪಡಿಸುವಿಕೆ ಅಥವಾ ಶುದ್ಧೀಕರಣವನ್ನು ನಡೆಸಿ



**ಚಿತ್ರ 5.1**

ಸಲು, ದ್ರವ ಮತ್ತು ಬಾಷ್ಪಗಳ ವಿರುದ್ಧ ಪ್ರವಾಹಗಳು ಪೂರ್ತಿಯಾಗಿ ಮಿಶ್ರವಾಗುವ ಹಾಗೆ ಮಾಡಬೇಕು. ಈ ಉದ್ದಿಶ್ಯಕ್ಕಾಗಿ ಒಂದರಮೇಲೊಂದರಂತೆ ಜೋಡಿಸಿ, ಮತ್ತು ತುಂಬಿ ಹರಿಯುವುದಕ್ಕಾಗಿರುವ ಕೊಳಾಯಿಗಳಿಂದ ಸೇರಿಸಲ್ಪಟ್ಟಿರುವ ತಟ್ಟೆಗಳ ಸಹಾಯದಿಂದ ದ್ರವ ಮತ್ತು ಬಾಷ್ಪದ ಪ್ರವಾಹಗಳನ್ನು ನಿಧಾನಗೊಳಿಸಲಾಗುವುದು. ತುಂಬಿದ ತಟ್ಟೆಯಿಂದ ದ್ರವವು ಕೆಳಗಿನ ಮಟ್ಟಕ್ಕೆ ಹರಿಯುವುದು. ಮೇಲಕ್ಕೇರುತ್ತಿರುವ ಬಾಷ್ಪವು (0.3–1 ಮಿ. ಸೆ.) ದ್ರವದ ಒಂದು ತೆಳುವಾದ ಪದರದ ಮೂಲಕ ದಾರಿ ಮಾಡಿಕೊಂಡು ನುಗ್ಗುತ್ತವೆ. ಒಂದು ಸ್ತಂಭದ ನಕ್ಷೆಯನ್ನು ಚಿತ್ರ 5.1ರಲ್ಲಿ ತೋರಿಸಿದೆ.

ಒಂದು ದ್ರವವನ್ನು ಪೂರ್ತಿಯಾಗಿ ಶುದ್ಧಪಡಿಸುವುದು ಎಲ್ಲಾ ಸಂದರ್ಭ

ಗಳಲ್ಲಿಯೂ ಯಶಸ್ವಿಯಾಗುವುದಿಲ್ಲ. ಹಲವು ಮಿಶ್ರಣಗಳು ಒಂದು "ಅಹಿತಕರ" ವಾದ ಗುಣವನ್ನು ಹೊಂದಿರುತ್ತವೆ : ಒಂದು ನಿರ್ದಿಷ್ಟ ಸಂಘಟನ ಸ್ಥಿತಿಯಲ್ಲಿ, ಬಾಷ್ಪೀಕರಿಸುತ್ತಿರುವ ಅಣುಗಳ ಘಟಕಗಳ ಅನುಪಾತವು ದ್ರವ ಮಿಶ್ರಣದಲ್ಲಿರುವಷ್ಟೇ ಇರುವುದು. ಈ ಪರಿಸ್ಥಿತಿಯಲ್ಲಿ ಮೇಲೆ ವಿವರಿಸಿದ ಕಾರ್ಯಕ್ರಮದಿಂದ ಇನ್ನೂ ಹೆಚ್ಚು ಶುದ್ಧೀಕರಣವು ಸಾಧ್ಯವಾಗುವುದಿಲ್ಲ. 96% ಆಲ್ಕೊಹಾಲ್ ಮತ್ತು 4% ನೀರು ಇರುವ ಮಿಶ್ರಣವು ಇಂತಹದ್ದು : ಅದು ಇದೇ ಸಂಘಟನ ಸ್ಥಿತಿ ಇರುವ ಬಾಷ್ಪವನ್ನುಂಟುಮಾಡುತ್ತದೆ. ಇದರಿಂದಾಗಿ, ಬಾಷ್ಪೀಕರಣ ವಿಧಾನದಿಂದ ದೊರಕುವ ಅತ್ಯುತ್ಕೃಷ್ಟ ಫಲಿತಾಂಶವೆಂದರೆ 96% ಆಲ್ಕೊಹಾಲ್.

ದ್ರವಗಳ ಶುದ್ಧೀಕರಣವು (ಅಥವಾ ಬಟ್ಟಿ ಇಳಿಸುವಿಕೆ) ರಸಾಯನಿಕ ಯಂತ್ರ ಕಲಾ ವಿಜ್ಞಾನದಲ್ಲಿ ಮುಖ್ಯವಾದ ಒಂದು ಕಾರ್ಯಕ್ರಮ. ಉದಾಹರಣೆಗೆ, ಈ ಶುದ್ಧೀಕರಣ ವಿಧಾನದ ಸಹಾಯದಿಂದ ಕಚ್ಚಾ ಎಣ್ಣೆಯಿಂದ ಗ್ಯಾಸೋಲೀನ್ ತಯಾರಿಸಲ್ಪಡುವುದು.

ಆಮ್ಲಜನಕವನ್ನು ತಯಾರಿಸಲು, ಬಟ್ಟಿ ಇಳಿಸುವಿಕೆಯೇ ಎಲ್ಲವಕ್ಕಿಂತ ಅಗ್ಗವಾದ ಮಾರ್ಗವೆಂಬುದು ಒಂದು ವಿಚಿತ್ರವಾದ ವಿಷಯ. ಇದಕ್ಕೋಸ್ಕರ, ಗಾಳಿಯನ್ನು ಮೊದಲು ದ್ರವಸ್ಥಿತಿಗೆ ತಂದಿರಬೇಕು. ಇದಾದ ಮೇಲೆ, ಬಟ್ಟಿ ಇಳಿಸುವಿಕೆಯ ಸಹಾಯದಿಂದ ಅದನ್ನು ಶುದ್ಧ ಸಾರಜನಕ ಮತ್ತು ಆಮ್ಲಜನಕಗಳಾಗಿ ಬೇರ್ಪಡಿಸಬಹುದು.

## ಗಟ್ಟಿ ಪದಾರ್ಥಗಳ ಶುದ್ಧೀಕರಣ

ಒಂದು ರಾಸಾಯನಿಕ ಪದಾರ್ಥವನ್ನೊಳಗೊಂಡ ಒಂದು ಸೀಸೆಯ ಮೇಲೆ ರಾಸಾಯನಿಕ ಹೆಸರಿನ ಪಕ್ಕದಲ್ಲಿ ಸಾಮಾನ್ಯವಾಗಿ ಈ ಮುಂದಿನ ಸೂಚನೆಗಳನ್ನು ಕಾಣಬಹುದು : "ಶುದ್ಧ", "ವಿಶ್ಲೇಷಣಾತ್ಮಕ ಶುದ್ಧ" ಅಥವಾ "ವರ್ಣಪಟಲ ದರ್ಶಕದ ಪ್ರಕಾರ ಶುದ್ಧ". ಇವುಗಳನ್ನು ಒಂದು ಪದಾರ್ಥದ ಶುದ್ಧ ಸ್ಥಿತಿಯ ಮಟ್ಟವನ್ನು ಗುರ್ತಿಸಲು ಉಪಯೋಗಿಸಲಾಗಿದೆ : "ಶುದ್ಧ" ಎಂದರೆ ಅಲ್ಪ ಪ್ರಮಾಣದ ಶುದ್ಧದ ಮಟ್ಟ ಅಷ್ಟೆ - ಪ್ರಾಯಶಃ ಪದಾರ್ಥದಲ್ಲಿ ಶೇಕಡಾ 1ರಷ್ಟು ಬೇರೆ

ಇರಬಹುದು; "ವಿಶ್ಲೇಷಣಕ್ಕೆ ಶುದ್ಧ" ಎಂದರೆ ಬೆರಕೆಯಾಗಿರುವ ಪದಾರ್ಥಗಳು ಒಟ್ಟು ಪದಾರ್ಥದಲ್ಲಿ ಒಂದು ಪ್ರತಿ ಶತದ ಹಲವು ಹತ್ತನೇ ಒಂದು ಭಾಗಗಳಿಗಿಂತ ಜಾಸ್ತಿ ಇಲ್ಲ; "ವರ್ಣಪಟಲದರ್ಶಕದ ಪ್ರಕಾರ ಶುದ್ಧ" ಎಂಬುದನ್ನು ಪಡೆಯುವುದು ಸುಲಭವಲ್ಲ, ಏಕೆಂದರೆ ವರ್ಣಪಟಲದರ್ಶಕೀಯ ವಿಶ್ಲೇಷಣವು ಬೆರಕೆಯ ಒಂದು ಪ್ರತಿ ಶತದಲ್ಲಿನ ಹಲವು ಸಾವಿರದ ಒಂದು ಭಾಗಗಳನ್ನು ಕಂಡುಹಿಡಿಯಬಲ್ಲುದು. "ವರ್ಣಪಟಲದ ಪ್ರಕಾರ ಶುದ್ಧ" ಎಂಬ ಲೇಖನವು ವಸ್ತುವಿನ ಶುದ್ಧದ ಮಟ್ಟವು ಕನಿಷ್ಠಪಕ್ಷ "ನಾಲ್ಕು ಒಂಭತ್ತುಗಳ"ಷ್ಟಾದರೂ, ಅಂದರೆ ಮೂಲವಸ್ತುವಿನ ಪರಿಮಾಣವು 99.99% ಗಿಂತ ಕಡಿಮೆ ಇಲ್ಲವೆಂಬ ಭರವಸೆ ಕೊಡುವುದು.

ಶುದ್ಧವಾದ ಘನಪದಾರ್ಥಗಳ ಅವಶ್ಯಕತೆಯು ಬಹಳ ಹೆಚ್ಚಾದುದು. ಒಂದು ಪ್ರತಿಶತದಲ್ಲಿನ ಹಲವು ಸಾವಿರದ ಒಂದು ಪಾಲುಗಳಷ್ಟು ಮಿಶ್ರಣವು ಅನೇಕ ಭೌತಗುಣಗಳ ವ್ಯತ್ಯಾಸವನ್ನುಂಟುಮಾಡಬಲ್ಲುದು, ಮತ್ತು ಆಧುನಿಕ ಯಂತ್ರ ಕಲಾ ವಿಜ್ಞಾನದಲ್ಲಿ ಅತ್ಯಂತ ಮಹತ್ಪೂರ್ವಕವಾದ ವಿಶಿಷ್ಟ ಸಮಸ್ಯೆ ಒಂದರ, ಅಂದರೆ ಅರ್ಧವಾಹಕಗಳನ್ನು ತಯಾರಿಸುವ ಸಮಸ್ಯೆಯ ವಿಷಯದಲ್ಲಿ ಯಂತ್ರಕಲಾ ವಿಜ್ಞಾನಿಗಳು ಏಳು ಒಂಬತ್ತುಗಳ ಶುದ್ಧತೆಯ ಮಟ್ಟವನ್ನು ಅಪೇಕ್ಷಿಸುವರು. ಅಂದರೆ, ಅವಶ್ಯಕವಾಗಿರುವ ಒಂದು ಕೋಟಿ ಪರಮಾಣುಗಳ ಪೈಕಿ ಒಂದೇ ಒಂದು ಅನವಶ್ಯಕವಾದ ಪರಮಾಣುವೂ ಯಾಂತ್ರಿಕ ಸಮಸ್ಯೆಗಳನ್ನು ಬಗೆಹರಿಸುವುದನ್ನು ತಪ್ಪಿಸುವುದು! ಇಷ್ಟು ಅತ್ಯುಚ್ಚಮಟ್ಟದ ಶುದ್ಧತೆಯುಳ್ಳ ದ್ರವ್ಯಗಳನ್ನು ತಯಾರಿಸಲು ವಿಶಿಷ್ಟವಾದ ಕ್ರಮಗಳನ್ನು ಕೈಗೊಳ್ಳಬೇಕಾಗುವುದು.

ಅತ್ಯಂತ ಶುದ್ಧವಾದ ಜರ್ಮೇನಿಯಂ ಮತ್ತು ಸಿಲಿಕಾನ್ (ಅರ್ಧವಾಹಕಗಳಿಗೆ ಇವೇ ಮುಖ್ಯವಾದ ಮಾದರಿವಸ್ತುಗಳು) ಇವುಗಳನ್ನು ಕರಗಿಸಿದ ಲೋಹದಿಂದ ಒಂದು ಬೆಳೆಯುವ ಹರಳನ್ನು ನಿಧಾನವಾಗಿ ಎಳೆದು ತಯಾರಿಸಬಹುದು. ತನ್ನ ತುದಿಗೆ ಒಂದು ಬೀಜ ಹರಳನ್ನು ತಗುಲಿಸಿರುವ ಒಂದು ದಂಡವನ್ನು ಕರಗಿರುವ ಸಿಲಿಕಾನ್ (ಅಥವಾ ಜರ್ಮೇನಿಯಂ) ಇದರ ಮೇಲ್ಮೈಯನ್ನು ಮುಟ್ಟುವ ಹಾಗೆ ತರಬೇಕು. ಆಮೇಲೆ ದಂಡವನ್ನು ನಿಧಾನವಾಗಿ ಮೇಲಕ್ಕೆ ಎತ್ತಬೇಕು; ಕರಗಿದ ಲೋಹದಿಂದ ಹೊರಕ್ಕೆ ಬರುವ ಹರಳು ಮೂಲ ವಸ್ತುವಿನ ಪರಮಾಣುಗಳನ್ನು

ಹೊಂದಿರುತ್ತದೆ ಮತ್ತು ಬೆರಕೆ ಪದಾರ್ಥಗಳ ಪರಮಾಣುಗಳು ಕರಗಿದ ಲೋಹ ದಲ್ಲಿಯೇ ಉಳಿಯುತ್ತವೆ.

ವಲಯ ಶುದ್ಧೀಕರಣ ಎಂಬುದಾಗಿ ಕರೆಯಲ್ಪಡುವ ಮತ್ತೊಂದು ವಿಧಾನ ವನ್ನು ಇದಕ್ಕಿಂತ ಹೆಚ್ಚಾಗಿ ಉಪಯೋಗಿಸಲಾಗಿದೆ. ಯಾವುದೇ ಉದ್ದ ಮತ್ತು ಹಲವು ಮಿಲ್ಲಿಮೀಟರುಗಳ ವ್ಯಾಸವುಳ್ಳ ಒಂದು ದಂಡವನ್ನು ಶುದ್ಧಪಡಿಸಬೇಕಾದ ಪದಾರ್ಥದಿಂದ ತಯಾರಿಸಬೇಕು. ಈ ದಂಡವನ್ನು ಸುತ್ತಿ ಇರುವಂತೆ ಒಂದು ಚಿಕ್ಕ ಉರುಳೆಯಾಕಾರದ ಒಲೆಯನ್ನು ಇಡಬೇಕು. ಒಲೆಯಲ್ಲಿನ ಉಷ್ಣಾಂಶವು ಕರಗಿಸು ವುದಕ್ಕೆ ಸಾಕಾಗುವಷ್ಟು ಇರಬೇಕು, ಮತ್ತು ಒಲೆಯೊಳಗಿರುವ ಲೋಹದ ಭಾಗವು ಕರಗುತ್ತದೆ. ಇದರಿಂದಾಗಿ, ಕರಗಿರುವ ಲೋಹದ ಒಂದು ಸಣ್ಣ ವಲಯವು ದಂಡ ವನ್ನನುಸರಿಸಿ ಚಲಿಸುತ್ತದೆ.

ಬೆರಕೆ ಪದಾರ್ಥದ ಪರಮಾಣುಗಳು ಸಾಮಾನ್ಯವಾಗಿ ಘನ ಪದಾರ್ಥದೊಳ ಗಿಂತ ಹೆಚ್ಚು ಸುಲಭವಾಗಿ ದ್ರವದೊಳಗೆ ಲೀನವಾಗುವುವು. ಆದ್ದರಿಂದ ಕರಗಿರುವ ವಲಯದ ಎಲ್ಲೆಯಲ್ಲಿ ಬೆರಕೆ ಪದಾರ್ಥದ ಪರಮಾಣುಗಳು ಗಟ್ಟಿ ಭಾಗಗಳಿಂದ ಕರಗಿರುವ ವಲಯಕ್ಕೆ ಸಾಗುವುವು ಮತ್ತು ಹಿಂತಿರುಗಿ ಬರುವುದಿಲ್ಲ. ಚಲಿಸುತ್ತಿರುವ ಕರಗಿದ ವಲಯವು ಕರಗಿದ ಲೋಹದೊಡನೆ ಬೆರಕೆ ಪದಾರ್ಥದ ಪರಮಾಣು ಗಳನ್ನು ಸೆಳೆದುಕೊಂಡು ಹೋಗುತ್ತಿರುವಂತೆ ಕಾಣುವುದು. ವಿರುದ್ಧ ದಿಕ್ಕಿನ ಚಲನೆಯಲ್ಲಿ ಒಲೆಯನ್ನು ಆರಿಸಲಾಗುವುದು. ಮತ್ತು ಕರಗಿದ ವಲಯವನ್ನು ಲೋಹದ ದಂಡದಿಂದ ಎಳೆದುಕೊಳ್ಳುವ ಕಾರ್ಯಕ್ರಮವನ್ನು ಅನೇಕ ಸಲ ಪುನಃ ಪುನಃ ಮಾಡಲಾಗುವುದು. ಸಾಕಷ್ಟು ಸಂಖ್ಯೆಯ ಆವರ್ತಗಳಾದ ಮೇಲೆ, ದಂಡದ ಅಪರಿಶುದ್ಧವಾದ ಕೊನೆಯನ್ನು ಕತ್ತರಿಸಿ ಹಾಕಬೇಕು ಅಷ್ಟೆ. ನಿರ್ವಾತ ಪ್ರದೇಶ ದಲ್ಲಿ ಅಥವಾ ನಿಷ್ಕ್ರಿಯ ಅನಿಲ ಒಂದರ ವಾತಾವರಣದಲ್ಲಿ ಅತ್ಯಂತ ಶುದ್ಧವಾದ ದ್ರವ್ಯಗಳನ್ನು ಪಡೆಯಬಹುದು.

ಬೆರಕೆಯ ಪರಮಾಣುಗಳು ಬಹುಸಂಖ್ಯೆಯಲ್ಲಿದ್ದರೆ, ಶುದ್ಧೀಕರಣವನ್ನು ಬೇರೆ ವಿಧಾನಗಳಲ್ಲಿ ನೆರವೇರಿಸಲಾಗುವುದು. ವಲಯ ಕರಗಿಸುವಿಕೆ ಮತ್ತು ಕರಗಿದ

ಪ್ರೋತದಿಂದ ಹರಳನ್ನು ಎಳೆಯುವುದು ಈ ಪದ್ಧತಿಗಳನ್ನು ಪದಾರ್ಥದ ಶುದ್ಧೀಕರಣದ ಕೊನೆಯ ಘಟ್ಟಗಳಲ್ಲಿ ಉಪಯೋಗಿಸಲಾಗುವುದು.

## ಅಧಿಶೋಷಣ (ಘನವಸ್ತುಗಳ ಮೈಮೇಲೆ ಅನಿಲಗಳು ಮುಂದಗಟ್ಟುವುದು)

ಅನಿಲಗಳು ಘನ ಪದಾರ್ಥಗಳಲ್ಲಿ ಲೀನವಾಗುವುದು ಅಂದರೆ, ಹರಳುಗಳ ಮಧ್ಯೆ ಪ್ರವೇಶಿಸುವುದು ಅಪರೂಪ. ಆದರೆ ಘನ ವಸ್ತುಗಳಿಂದ ಅನಿಲಗಳ ಲೀನತೆಗೆ ಮತ್ತೊಂದು ಕ್ರಮವಿರುವುದು. ಒಂದು ಗಟ್ಟಿ ಕಾಯದ ಮೇಲ್ಮೈಯಲ್ಲಿ ಅನಿಲದ ಅಣುಗಳು ಶೇಖರವಾಗುತ್ತವೆ – ಈ ವಿಚಿತ್ರ ರೀತಿಯ ಅವಲಂಬನಕ್ಕೆ **ಅಧಿಶೋಷಣ*** ಎಂದು ಹೆಸರು. ಹೀಗಾಗಿ, ಅಣುಗಳು ಕಾಯದ ಒಳಕ್ಕೆ ಪ್ರವೇಶಿಸಲಾಗದೇ ಇದ್ದು, ಅದರ ಮೇಲ್ಮೈಯಲ್ಲಿಯೇ ಜಯಪ್ರದವಾಗಿ ಅಂಟಿಕೊಂಡಿದ್ದರೆ, ಅಧಿಶೋಷಣವು ಸಂಭವಿಸುವುದು.

ಅಧಿಶೋಷಿತವಾಯ್ತೆಂದರೆ, ಮೇಲ್ಮೈಯಲ್ಲಿ ಲೀನವಾಯ್ತು ಎಂದು ಅರ್ಥ. ಆದರೆ ಇಂತಹ ವಿದ್ಯಮಾನವು ನಿಜವಾಗಿಯೂ ಗಮನಾರ್ಹವಾದ ಪಾತ್ರವುಳ್ಳದ್ದೇ? ವಾಸ್ತವವಾಗಿ, ಒಂದೇ ಅಣು ದಪ್ಪದ ಒಂದು ಪದರವು ಬಹುದೊಡ್ಡದಾದ ಕಾಯದ ಮೇಲೆ ಇದ್ದರೂ, ಒಂದು ಗ್ರಾಂನಲ್ಲಿ ಅತ್ಯಲ್ಪ ಪ್ರಮಾಣದ ಅಂಶದಷ್ಟು ತೂಗುವುದು.

ಇದಕ್ಕೆ ಸಂಬಂಧಿಸಿದ ಗಣನೆಗಳನ್ನು ಮಾಡಿನೋಡೋಣ. ಒಂದು ಸಣ್ಣ ಅಣುವಿನ ಕ್ಷೇತ್ರಫಲವು ಸುಮಾರು $10 \mathring{A}^2$, ಅಂದರೆ $10^{-15}$ (ಸೆಂ.ಮೀ)$^2$. ಆದ್ದರಿಂದ $10^{15}$ ಸಂಖ್ಯೆಯ ಅಣುಗಳನ್ನು ಒಂದು ಚದರ ಸೆಂಟಿಮೀಟರಿನಲ್ಲಿ ಜೋಡಿಸಬಹುದು. ಹೀಗಿನ ಈ ಸಂಖ್ಯೆಯ ಅಣುಗಳು ಹೆಚ್ಚು ತೂಗುವುದಿಲ್ಲ : $3 \times 10^{-8}$

---

* ಅಧಿಶೋಷಣೆಯನ್ನು ಹೀರಿಕೆ, ಅಂದರೆ ಒಳಕ್ಕೆ ತೆಗೆದುಕೊಳ್ಳುವುದು, ಎಂಬುದೇ ಎಂದು ಭ್ರಮಿಸಬಾರದು.

ಗ್ರಾಂ. ಒಂದು ಚದರ ಮೀಟರಿನಲ್ಲಿ ಕೂಡ, 0.0003 ಗ್ರಾಂ ಅಷ್ಟು ನೀರಿಗೆ ಮಾತ್ರ ಸ್ಥಳವಿರುವುದು.

ನೂರಾರು ಚದರ ಮೀಟರುಗಳ ಕ್ಷೇತ್ರಫಲದ ಮೇಲ್ಮೈಗಳ ಮೇಲೆ ಇದಕ್ಕಿಂತ ಹೆಚ್ಚು ಗಣನೀಯವಾದ ಪರಿಮಾಣಗಳಷ್ಟು ಪದಾರ್ಥ ಸೇರುವುದು. 100(ಮೀ)$^2$ ನಲ್ಲಿ 0.03 ಗ್ರಾಂನಷ್ಟು ($10^{21}$ ಅಣುಗಳು) ನೀರು ಇರುವುದು.

ನಮ್ಮ ಪ್ರಯೋಗಶಾಲೆಯ ವ್ಯವಹಾರದಲ್ಲಿ ಇಷ್ಟು ಪರಿಮಾಣವುಳ್ಳ ಮೇಲ್ಮೈಗಳನ್ನು ಕಾಣುತ್ತೇವೆಯೇ ? ಆದರೂ, ಕೆಲವು ವೇಳೆ ಒಂದು ಟೀ-ಚಮಚದ ತುದಿಯಲ್ಲಿ ಹೊಂದಿಕೆಯಾಗುವಂತಹ ಬಹಳ ಸಣ್ಣ ಕಾಯಗಳು ನೂರಾರು ಚದರ ಮೀಟರುಗಳಷ್ಟು ಅಗಾಧವಾದ ಕ್ಷೇತ್ರಫಲವುಳ್ಳದ್ದಾಗಿರುವುವು ಎಂಬುದನ್ನು ಮನಗಾಣವುದು ಕಷ್ಟವಿಲ್ಲ.

1 ಸೆಂ.ಮೀ. ಉದ್ದದ ಅಂಚುಗಳಿರುವ ಒಂದು ಘನಾಕೃತಿಯು 6(ಸೆಂ.ಮೀ) ಅಷ್ಟರ ಮೇಲ್ಮೈ ಕ್ಷೇತ್ರಫಲವುಳ್ಳದ್ದಾಗಿರುತ್ತದೆ. ಇಂತಹ ಒಂದು ಘನಾಕೃತಿಯನ್ನು 0.5 ಸೆಂ.ಮೀ. ಅಂಚುಗಳುಳ್ಳ 8 ಸಮವಾದ ಘನಾಕೃತಿಗಳಾಗಿ ಕತ್ತರಿಸೋಣ. ಈ ಸಣ್ಣ ಘನಾಕೃತಿಗಳು 0.25(ಸೆಂ.ಮೀ)$^2$ ಕ್ಷೇತ್ರಫಲವುಳ್ಳ ಮುಖಗಳುಳ್ಳದ್ದಾಗಿರುತ್ತವೆ. ಇಂತಹ ಮುಖಗಳು ಒಟ್ಟು $6 \times 8 = 48$ ಇವೆ. ಅವುಗಳ ಒಟ್ಟು ಕ್ಷೇತ್ರಫಲವು 12(ಸೆಂ.ಮೀ)$^2$ ಗೆ ಸಮವಾಗಿರುವುದು. ಮೇಲ್ಮೈಯ ಕ್ಷೇತ್ರಫಲವು ಎರಡರಷ್ಟಾಯಿತು.

ಹೀಗೆ, ಒಂದು ಕಾಯವನ್ನು ಕತ್ತರಿಸಿ ಒಡೆದರೆ ಅದರ ಮೇಲ್ಮೈಯು ಹೆಚ್ಚುತ್ತ ಹೋಗುವುದು. ಈಗ 1-ಸೆಂ.ಮೀ. ಅಂಚಿನ ಒಂದು ಘನಾಕೃತಿಯನ್ನು ಒಂದು ಮೈಕ್ರೋಮೀಟರ್ : $1 \mu m = 10^{-4}$ ಸೆಂ.ಮೀ. ಉದ್ದದ ಸಣ್ಣ ಚೂರುಗಳಾಗಿ ಒಡೆಯೋಣ. ಆಗ ದೊಡ್ಡ ಘನಾಕೃತಿಯು $10^{12}$ ಚೂರುಗಳಾಗುತ್ತದೆ. ಪ್ರತಿ ಒಂದು ಚೂರೂ (ಸರಳತೆಯ ದೃಷ್ಟಿಯಿಂದ ಅದೂ ಒಂದು ಘನಾಕೃತಿ ಎಂದು ಇಟ್ಟುಕೊಳ್ಳೋಣ) $6 \mu m^2$. ಅಂದರೆ $6 \times 10^{-8}$ (ಸೆಂ.ಮೀ)$^2$ ಅಷ್ಟು ಮೇಲ್ಮೈ ಕ್ಷೇತ್ರಫಲವುಳ್ಳದ್ದಾಗಿರುವುದು. ಚೂರುಗಳ ಒಟ್ಟು ಕ್ಷೇತ್ರಫಲವು

$6 \times 10^4$ (ಸೆಂ.ಮೀ)$^2$, ಅಂದರೆ 6(ಮೀ)$^2$ ಗೆ ಸಮವಾಗಿರುವುದು. ಮತ್ತು ಇಷ್ಟು ಮಟ್ಟಿಗೆ ಒಡೆದಿರುವುದು ಕೊನೆಯೇನೂ ಅಲ್ಲ.

ವಿಶಿಷ್ಟ ಕ್ಷೇತ್ರಫಲವು (ಅಂದರೆ ಪದಾರ್ಥದ ಒಂದು ಗ್ರಾಂನ ಮೇಲ್ಮೈ ಕ್ಷೇತ್ರಫಲವು) ಅಪಾರವಾಗಿರಬಹುದು ಎಂಬುದನ್ನು ಚೆನ್ನಾಗಿ ಅರ್ಥಮಾಡಿಕೊಳ್ಳಬಹುದು. ಅದು ಪದಾರ್ಥವನ್ನು ಒಡೆದು ಚೂರುಮಾಡುವುದರಿಂದ ಶೀಘ್ರಗತಿಯಲ್ಲಿ ಹೆಚ್ಚುತ್ತ ಹೋಗುವುದು – ಏಕೆಂದರೆ ಒಂದು ಕಣದ ಮೇಲ್ಮೈ ಕ್ಷೇತ್ರಫಲವು ಅವರ ರೇಖೀಯ ಪರಿಮಾಣದ ವರ್ಗಕ್ಕೆ ಅನುಲೋಮವಾಗಿ ಕಡಿಮೆಯಾಗುವುದು ಮತ್ತು ಘನ ಸಲಿಯ ಒಂದು ಏಕಮಾನದಲ್ಲಿರುವ ಅದರ ಕಣಗಳ ಸಂಖ್ಯೆಯು ಆ ಪರಿಮಾಣದ ಘನಕ್ಕೆ ಅನುಲೋಮವಾಗಿ ಹೆಚ್ಚುವುದು. ಒಂದು ಲೋಟದ ತಳಕ್ಕೆ ಸುರಿದ 1 ಗ್ರಾಂ ನೀರು ಹಲವಾರು ಚದರ ಸೆಂಟಿಮೀಟರುಗಳ ಮೇಲ್ಮೈ ಕ್ಷೇತ್ರಫಲವುಳ್ಳದ್ದಾಗಿರುತ್ತದೆ. ಅದೇ ಒಂದು ಗ್ರಾಂ ನೀರು ಮಳೆಹನಿಗಳ ರೂಪದಲ್ಲಿ ಹತ್ತಾರು ಚದರ ಸೆಂಟಿಮೀಟರುಗಳ ಮೇಲ್ಮೈ ಕ್ಷೇತ್ರಫಲವುಳ್ಳದ್ದಾಗಿರುವುದು. ಆದರೆ ಒಂದು ಗ್ರಾಂ ಮಂಜಿನ ಹನಿಗಳು ನೂರಾರು ಚದರ ಮೀಟರುಗಳ ಮೇಲ್ಮೈ ಕ್ಷೇತ್ರಫಲವುಳ್ಳದ್ದಾಗಿರುತ್ತವೆ.

ಕಲ್ಲಿದ್ದಲಿನ ಒಂದು ಚೂರನ್ನು ಒಡೆದರೆ (ಎಷ್ಟು ಸಣ್ಣದಾಗಿ ಆದರೆ ಅಷ್ಟು ಉತ್ತಮ) ಅದು ಅಮೋನಿಯ, ಕಾರ್ಬನ್ ಡೈಯಾಕ್ಸೈಡ್ ಮತ್ತು ಅನೇಕ ವಿಷ ಅನಿಲಗಳನ್ನು ಅಧಿಶೋಷಿಸಿಕೊಳ್ಳಬಲ್ಲುದು. ಈ ಕೊನೆಯ ಗುಣದಿಂದಾಗಿ ಕಲ್ಲಿದ್ದಲನ್ನು ವಿಷಾನಿಲ ಮೊಗವಾಡಗಳಲ್ಲಿ ಉಪಯೋಗಿಸುವರು. ಕಲ್ಲಿದ್ದಲನ್ನು ಚೆನ್ನಾಗಿಯೇ ಒಡೆಯಬಹುದು ಮತ್ತು ಅದರ ಕಣಗಳ ರೇಖೀಯ ಪರಿಮಾಣಗಳನ್ನು ಹತ್ತು ಆಂಗ್‌ಸ್ಟ್ರಾಮ್‌ಗಳಷ್ಟಕ್ಕೆ ಇಳಿಸಬಹುದು. ಇದರಿಂದಾಗಿ, ಒಂದು ಗ್ರಾಂ ವಿಶಿಷ್ಟ ಜಾತಿಯ ಕಲ್ಲಿದ್ದಲು ನೂರಾರು ಚದರ ಮೀಟರುಗಳ ಮೇಲ್ಮೈ ಕ್ಷೇತ್ರಫಲವನ್ನು ಹೊಂದಿರುವುದು. ಕಲ್ಲಿದ್ದಲನ್ನೊಳಗೊಂಡ ವಿಷಾನಿಲ ಮುಖವಾಡವು ಒಂದು ಹತ್ತಾರು ಲೀಟರ್ ಅನಿಲಗಳನ್ನು ಹೀರಬಲ್ಲುದು.

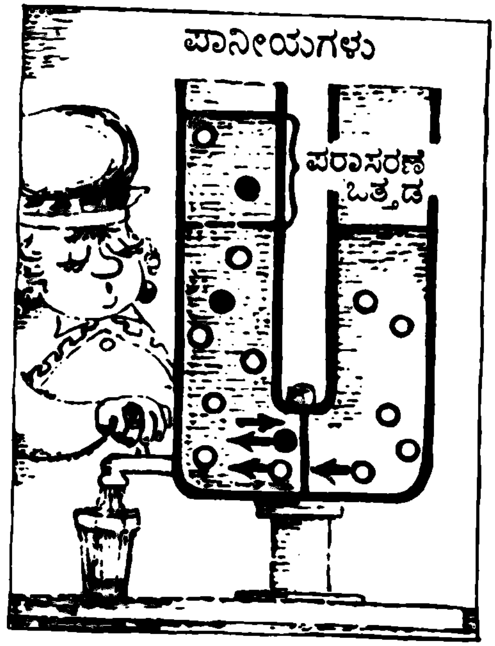
ರಾಸಾಯನಿಕ ಕೈಗಾರಿಕೆಯಲ್ಲಿ ಅಧಿಶೋಷಣೆಯು ವಿಶೇಷವಾಗಿ ಉಪಯೋಗಿಸಲ್ಪಡುವುದು. ಒಂದು ಮೇಲ್ಮೈ ಮೇಲೆ ಅಧಿಶೋಷಿಸಲ್ಪಟ್ಟಿರುವ ವಿವಿಧ

ಅನಿಲಗಳ ಅಣುಗಳು ಪರಸ್ಪರ ನಿಕಟ ಸಂಸ್ಪರ್ಶಕ್ಕೆ ಬರುವುವು ಮತ್ತು ರಾಸಾಯನಿಕ ಕ್ರಿಯೆಗಳಲ್ಲಿ ಹೆಚ್ಚು ಸುಲಭವಾಗಿ ಭಾಗವಹಿಸುವುವು. ರಾಸಾಯನಿಕ ಕ್ರಿಯೆಗಳನ್ನು ತ್ವರಿತಗೊಳಿಸುವುದಕ್ಕಾಗಿ, ಕಲ್ಲಿದ್ದಲನ್ನೇ ಅಲ್ಲದೆ ಅತಿ ಸಣ್ಣದಾಗಿ ಒಡೆದು ಚೂರು ಮಾಡಲ್ಪಟ್ಟ (ನಿಕ್ಕಲ್. ತಾಮ್ರ ಮತ್ತು ಇತರ) ಲೋಹಗಳನ್ನೂ ಅನೇಕ ವೇಳೆ ಉಪಯೋಗಿಸಲಾಗುವುದು. ರಾಸಾಯನಿಕ ಕ್ರಿಯೆಯ ವೇಗವನ್ನು ಹೆಚ್ಚಿಸುವ ಪದಾರ್ಥಗಳಿಗೆ ಉತ್ಪ್ರೇರಕ ಎಂದು ಹೆಸರು.

## ಪರಾಸರಣ

ಜೀವಂತ ಅಂಗಾಂಶಗಳ ಪೈಕಿ ಹಲವು ವಿಚಿತ್ರವಾದ ಪೊರೆಗಳು ಈ ಗುಣವನ್ನು ಹೊಂದಿರುತ್ತವೆ : ಅವು ತಮ್ಮ ಮೂಲಕ ನೀರಿನ ಅಣುಗಳು ಸಾಗಿ ಹೋಗಲು ಬಿಡುತ್ತವೆ. ಆದರೆ ನೀರಿನಲ್ಲಿ ಲೀನವಾಗಿರುವ ಪದಾರ್ಥಗಳ ಅಣುಗಳಿಗೆ ಅಭೇದ್ಯವಾಗಿರುತ್ತವೆ. ಈ ಪೊರೆಗಳ ಗುಣಗಳೇ "ಪರಾಸರಣ" (ಅಥವಾ "ಪರಾಸರಣ" ಎಂದು) ಹೆಸರಿನ ಭೌತಿಕ ವಿದ್ಯಮಾನಗಳಿಗೆ ಕಾರಣವಾಗಿರುತ್ತವೆ.

ಇಂತಹ ಅರ್ಧವ್ಯಾಪ್ಯವಾದ ತಡಿಕೆ ಒಂದು 'U' ಆಕಾರದಲ್ಲಿ ಮಾಡಿರುವ ಒಂದು ಕೊಳವೆಯನ್ನು ಎರಡು ಭಾಗವಾಗಿ ಬೇರ್ಪಡಿಸುವುದೆಂದು ಭಾವಿಸಿಕೊಳ್ಳಿ. ಕೊಳವೆಯ ಮೊಣಕೈಗಳಲ್ಲಿ ಒಂದರಲ್ಲಿ ಒಂದು ದ್ರಾವಣವನ್ನೂ ಮತ್ತು ಇನ್ನೊಂದರಲ್ಲಿ ನೀರು ಅಥವಾ ಬೇರೆ ಯಾವುದಾದರೂ ಒಂದು ದ್ರಾವಣವನ್ನೂ ಸುರಿಯಬೇಕು. ಎರಡು ಮೊಣಕೈಗಳಿಗೂ ಒಂದೇ ಮೊತ್ತದ ದ್ರವವನ್ನು ಸುರಿದರೆ. ಮಟ್ಟಗಳು ಒಂದೇ ಆಗಿರುವಾಗ ಸಮತಾಸ್ಥಿತಿ ಇರುವುದಿಲ್ಲವೆಂದು ನಾವು ಆಶ್ಚರ್ಯದಿಂದ ನೋಡುವೆವು. ಸ್ವಲ್ಪ ಕಾಲವಾದ ಮೇಲೆ, ದ್ರವಗಳು ಬೇರೆ ಬೇರೆ ಮಟ್ಟಗಳಲ್ಲಿ ನಿಲ್ಲುವುವು. ಅದೂ ಅಲ್ಲದೆ. ದ್ರಾವಣವಿರುವ ಮೊಣಕೈಯಲ್ಲಿ ಮಟ್ಟವು ಹೆಚ್ಚಾಗಿರುತ್ತದೆ. ಅರ್ಧವ್ಯಾಪ್ಯ ತಡಿಕೆಯಿಂದ ದ್ರಾವಣದೊಳಗಿನಿಂದ ಬೇರ್ಪಡಿಸಿದ ನೀರು ದ್ರಾವಣವನ್ನು ಸಾರಗುಂದಿಸುತ್ತದೆ. ಈ ವಿದ್ಯಮಾನಕ್ಕೆ "ಪರಾಸರಣ"




**ಚಿತ್ರ 5.2**

ಎಂದು ಹೆಸರು ಮತ್ತು ಎತ್ತರಗಳ ವ್ಯತ್ಯಾಸಕ್ಕೆ **"ಪರಾಸರಣೆ ಒತ್ತಡ"** ಎಂದು ಹೆಸರು.

ಹಾಗಾದರೆ, ಪರಾಸರಣೆ ಒತ್ತಡವೇರ್ಪಡುವುದಕ್ಕೆ ಕಾರಣವೇನು ? ಪಾತ್ರೆಯ ಬಲಗಡೆಯ ಪೊಣಕ್ಕೆಯಲ್ಲಿ (ಚಿತ್ರ 5·2) ಒತ್ತಡವು ನೀರಿನಿಂದ ಮಾತ್ರ ಸಂಭವಿಸುವುದು. ಎಡಗಡೆಯ ಪೊಣಕ್ಕೆಯಲ್ಲಿ ಒಟ್ಟು ಒತ್ತಡವು ನೀರಿನ ಒತ್ತಡ ಮತ್ತು ಲೀನವಾದ ಪದಾರ್ಥದ ಒತ್ತಡ ಇವುಗಳ ಮೊತ್ತ. ಆದರೆ ಬಾಗಿಲು ತೆರೆದಿರುವುದು ನೀರಿಗೆ ಮಾತ್ರ. ಮತ್ತು ಅರ್ಧವ್ಯಾಪ್ಯ ಪೊರೆಯ ಸಮಕ್ಷಮದಲ್ಲಿ ಸಮತಾ ಸ್ಥಿತಿ ಏರ್ಪಡುವುದು ಎಡಗಡೆಯ ಒತ್ತಡವು ಬಲಗಡೆಯ ಒತ್ತಡಕ್ಕೆ ಸಮವಾಗಿರುವಾಗ ಅಲ್ಲಿ ಶುದ್ಧವಾದ ನೀರಿನ ಒತ್ತಡವು ದ್ರಾವಣದ ಒತ್ತಡದಲ್ಲಿ "ನೀರಿನ" ಭಾಗಕ್ಕೆ ಸಮವಾಗಿರುವಾಗ. ಇದರಿಂದ ಉಂಟಾಗುವ ಒಟ್ಟು ಒತ್ತಡಗಳ ವ್ಯತ್ಯಾಸವು ಲೀನ ಪದಾರ್ಥದ ಒತ್ತಡಕ್ಕೆ ಸಮವಾಗಿರುವುದು.

ಒತ್ತಡದ ಈ ಆಧಿಕ್ಯವೇ ಪರಾಸರಣೆ ಒತ್ತಡ. ಪ್ರಯೋಗಗಳು ಮತ್ತು ಗಣನೆಗಳಿಂದ ವಿಶದಪಡುವುದೇನೆಂದರೆ, ಪರಾಸರಣೆ ಒತ್ತಡವು ಲೀನ ಪದಾರ್ಥ

ದಿಂದ ರಚಿತವಾಗಿರುವ ಮತ್ತು ಅದೇ ಘನ ಅಳತೆಯ ಪ್ರದೇಶವನ್ನಾಕ್ರಮಿಸಿರುವ ಒಂದು ಅನಿಲದ ಒತ್ತಡಕ್ಕೆ ಸಮವಾಗಿರುವುದು. ಇದರಿಂದಾಗಿ ಪರಾಸರಣ ಒತ್ತಡವು ಗಮನಾರ್ಹ ಪ್ರಮಾಣದ ಸಂಖ್ಯೆಗಳಲ್ಲಿ ಅಳೆಯಲ್ಪಡುವುದೆಂಬುದು ಏನೂ ಆಶ್ಚರ್ಯವಲ್ಲ. 20 ಗ್ರಾಂ ಸಕ್ಕರೆಯನ್ನು ಲೀನಗೊಂಡಿರುವ ಒಂದು ಲೀಟರ್ ನೀರಿನಲ್ಲಿ ಉಂಟಾಗುವ ಪರಾಸರಣ ಒತ್ತಡವು 14 ಮೀ. ಎತ್ತರದ ನೀರಿನ ಸ್ತಂಭ ಒಂದಕ್ಕೆ ಸರಿದೂಗಬಲ್ಲುದು.

ವಾಚಕರಲ್ಲಿ ಅಹಿತಕರ ನೆನಪುಗಳು ಮರುಕಳಿಸುವ ಅಪಾಯವಿದ್ದರೂ, ಈಗ ನಾವು ಕೆಲವು ಲವಣ ದ್ರಾವಣಗಳ ವಿರೇಚಕ ಕ್ರಿಯೆಯು ಹೇಗೆ ಪರಾಸರಣ ಒತ್ತಡಕ್ಕೆ ಸಂಬಂಧಿಸಿದೆ ಎಂಬುದನ್ನು ವಿಚಾರಿಸಲಿದ್ದೇವೆ. ಕರುಳುಗಳ ಒಳಪೊರೆಗಳು ಹಲವಾರು ದ್ರಾವಣಗಳಿಗೆ ಅರ್ಧವ್ಯಾಪ್ಯವಾಗಿವೆ. ಒಂದು ಲವಣವು ಕರುಳುಗಳ ಪೊರೆಗಳ ಮೂಲಕ ಸಾಗದಿದ್ದರೆ (ಇದು ಗ್ಲೌಬರ್ಸ್ ಲವಣದ ವಿಷಯವಲ್ಲಿ ಸತ್ಯ), ಆಗ ಕರುಳುಗಳಲ್ಲಿ ಒಂದು ಪರಾಸರಣ ಒತ್ತಡವು ಏರ್ಪಡುತ್ತದೆ ಮತ್ತು ಈ ಒತ್ತಡವು ನೀರನ್ನು ಜೀವಿಯ ಅಂಗಾಂಶಗಳಿಂದ ಕರುಳುಗಳ ಒಳಕ್ಕೆ "ಹೀರು"ತ್ತದೆ.

ಅತಿ ಕ್ಷಾರವಾದ ನೀರು ಏಕೆ ಬಾಯಾರಿಕೆಯನ್ನು ಅಡಗಿಸುವುದಿಲ್ಲ ? ಇದಕ್ಕೂ ಕೂಡ ಪರಾಸರಣ ಒತ್ತಡವೇ ಕಾರಣ ಎಂದು ತಿಳಿದುಬರುತ್ತದೆ. ಮೂತ್ರಪಿಂಡಗಳು ಜೀವಿಯ ಅಂಗಾಂಶಗಳಲ್ಲಿನ ಪರಾಸರಣ ಒತ್ತಡಕ್ಕಿಂತ ಹೆಚ್ಚು ಒತ್ತಡವುಳ್ಳ ಮೂತ್ರವನ್ನು ವಿಸರ್ಜಿಸಲಾರವು. ಇದರಿಂದಾಗಿ ಕ್ಷಾರವಾದ ಸಮುದ್ರದ ನೀರನ್ನು ಗ್ರಹಿಸಿರುವ ಜೀವಕಣ ಸಮುಚ್ಚಯವು ಅದನ್ನು ಅಂಗಾಂಶಗಳ ದ್ರವಗಳಿಗೆ ಕೊಡದೇ ಹೋಗುವುದು ಮಾತ್ರವೇ ಅಲ್ಲ, ಮೂತ್ರದ ಜೊತೆಯಲ್ಲಿ ಅಂಗಾಂಶಗಳಿಂದ ನೀರನ್ನು ತೆಗೆದು ವಿಸರ್ಜಿಸುತ್ತದೆ.

# 6. ಆಣವಿಕ ಚಲನಶಾಸ್ತ್ರ

## ಘರ್ಷಣೆಯ ಬಲಗಳು

ಘರ್ಷಣೆಯ ವಿಚಾರವಾಗಿ ನಾವು ಮಾತನಾಡುವುದು ಇದು ಮೊದಲನೆಯ ಸಲವಲ್ಲ. ಮತ್ತು ವಾಸ್ತವಿಕವಾಗಿ, ಚಲನೆಯ ವಿಚಾರ ಹೇಳುವಾಗ ಘರ್ಷಣೆಯ ವಿಚಾರ ಪ್ರಸ್ತಾಪಮಾಡದೆ ಇರುವುದು ಹೇಗೆ ತಾನೆ ಸಾಧ್ಯವಾಗಿದ್ದಿತು? ನಮ್ಮ ಸುತ್ತಮುತ್ತಲಿನ ಕಾಯಗಳ ಯಾವುದೇ ವಿಧವಾದ ಚಲನೆಯಲ್ಲಿಯೂ ಘರ್ಷಣೆ ಇದ್ದೇ ಇರುವುದು. ಚಾಲಕನು ಯಂತ್ರವನ್ನು ನಿಲ್ಲಿಸಿದಾಗ ಮೋಟಾರ್ ಗಾಡಿಯು ನಿಲುಗಡೆಗೆ ಬರುತ್ತದೆ; ಒಂದು ಲೋಲಕವು ಅನೇಕ ಆಂದೋಲನಗಳ ನಂತರ ನಿಶ್ಚಲ ಸ್ಥಿತಿಗೆ ಬರುವುದು; ಲೋಹದ ಸಣ್ಣ ಗೋಲಿ ಒಂದನ್ನು ಸೂರ್ಯಕಾಂತಿ ಹೂವಿನ ಎಣ್ಣೆ ಇರುವ ಒಂದು ಜಾಡಿಯೊಳಗೆ ಹಾಕಿದರೆ ಅದು ನಿಧಾನವಾಗಿ ಮುಳುಗುತ್ತದೆ. ಒಂದು ಮೇಲ್ಮೈ ಮೇಲೆ ಚಲಿಸುತ್ತಿರುವ ಕಾಯಗಳು ನಿಲುಗಡೆಗೆ ಬರುವಂತೆ ಮಾಡುವುದು ಯಾವುದು? ಎಣ್ಣೆಯಲ್ಲಿ ಗೋಲಿ ನಿಧಾನವಾಗಿ ಮುಳುಗುವುದರ ಕಾರಣವೇನು? ನಾವು ಉತ್ತರಿಸುತ್ತೇವೆ: ಕೆಲವು ಕಾಯಗಳು ಇನ್ನು ಕೆಲವು ಕಾಯಗಳ ಮೇಲ್ಮೈಯನ್ನು ಮುಟ್ಟಿ ಚಲಿಸುವಾಗ ಉಂಟಾಗುವ ಘರ್ಷಣೆಯ ಬಲಗಳು.

ಆದರೆ, ಘರ್ಷಣೆಯ ಬಲಗಳು ಚಲನೆ ಇರುವಾಗ ಮಾತ್ರ ಉಂಟಾಗುವುದಿಲ್ಲ.

ನೀವು ಪ್ರಾಯಶಃ ಒಂದು ಕೊಠಡಿಯಲ್ಲಿನ ಪೀಠೋಪಕರಣಗಳನ್ನು ಎಳೆದು ಸ್ಥಳಾಂತರಿಸಬೇಕಾಗಿದ್ದಿರಬಹುದು. ಭಾರವಾದ ಒಂದು ಪುಸ್ತಕದ ಬೀರುವನ್ನು

ಕದಲುವಂತೆ ಮಾಡುವುದು ಎಷ್ಟು ಕಷ್ಟ ಎಂಬುದು ನಿಮಗೆ ಗೊತ್ತಿದೆ. ಈ ಪ್ರಯತ್ನವನ್ನು ಪ್ರತಿಬಂಧಿಸುವ ಬಲಕ್ಕೆ **"ನಿಶ್ಚಲ ಘರ್ಷಣೆ"** ಎಂದು ಹೆಸರು.

ಘರ್ಷಣೆಯ ಬಲಗಳು ನಾವು ವಸ್ತುಗಳನ್ನು ಜಾರಿಸುವಾಗಲೂ ಮತ್ತು ಉರುಳಿಸುವಾಗಲೂ ಉಂಟಾಗುವುವು. ಇವೆರಡೂ ಸ್ವಲ್ಪ ಬೇರೆಯಾದ ಭೌತಿಕ ವಿದ್ಯಮಾನಗಳು. ಆದ್ದರಿಂದ ನಾವು **ಜಾರುವ ಘರ್ಷಣೆ** ಮತ್ತು **ಉರುಳುವ ಘರ್ಷಣೆ** ಇವುಗಳನ್ನು ಪ್ರತ್ಯೇಕಿಸಿ ಹೇಳುತ್ತೇವೆ. ಉರುಳುವ ಘರ್ಷಣೆಯು ಜಾರುವ ಘರ್ಷಣೆಗಿಂತ ಹತ್ತಾರು ಸಲಗಳಷ್ಟು ಕಡಿಮೆಯಾಗಿರುವುದು.

ನಿಜ, ಕೆಲವು ಸಂದರ್ಭಗಳಲ್ಲಿ ಜಾರುವುದೂ ಬಹಳ ಸುಲಭವಾಗಿ ಆಗುತ್ತದೆ. ಹಿಮದ ಮೇಲೆ ಜಾರುಬಂಡಿಯು ಸುಲಭವಾಗಿ ಜಾರುತ್ತದೆ ಮತ್ತು ಮಂಜುಗಡ್ಡೆಯ ಮೇಲೆ ಜಾರುಮೆಟ್ಟು ಇನ್ನೂ ಸುಲಭವಾಗಿ ಜಾರುತ್ತದೆ.

ಆದರೆ, ಘರ್ಷಣೆಯ ಬಲಗಳು ಯಾವ ಕಾರಣಗಳನ್ನು ಅವಲಂಬಿಸಿವೆ ? ಘನ ಕಾಯಗಳ ನಡುವಿನ ಘರ್ಷಣೆಯ ಬಲವು ಚಲನೆಯ ವೇಗವನ್ನು ಅತ್ಯಲ್ಪ ಪ್ರಮಾಣದಲ್ಲಿ ಅವಲಂಬಿಸಿರುವುದು, ಮತ್ತು ಕಾಯದ ಭಾರಕ್ಕೆ ಅನುಲೋಮವಾಗಿರುವುದು. ಕಾಯದ ಭಾರವು ದ್ವಿಗುಣವಾದರೆ, ಅದನ್ನು ಚಲಿಸುವಂತೆ ಮಾಡಿ ಅದನ್ನು ಎಳೆಯುತ್ತಾ ಇರುವುದು ಎರಡರಷ್ಟು ಕಷ್ಟವಾಗುವುದು. ನಾವು ಇದನ್ನು ಪೂರ್ಣ ಖಚಿತವಾಗಿ ಹೇಳಿಲ್ಲ : ಮುಖ್ಯ ವಿಷಯವೇನೆಂದರೆ ಹೆಚ್ಚು ಭಾರವಲ್ಲ. ಕಾಯವನ್ನು ಮೇಲ್ಮೈಗೆ ಒತ್ತುವ ಬಲ, ಕಾಯವು ಹಗುರವಾಗಿದ್ದರೂ ನಾವು ಕೈಯಿಂದ ಅದರ ಮೇಲೆ ಬಲವಾಗಿ ಅದುಮಿದರೆ, ಆಗ ಇದು ಘರ್ಷಣೆಯ ಬಲವನ್ನು ಬದಲಾಯಿಸುತ್ತದೆ. ಕಾಯವನ್ನು ಮೇಲ್ಮೈಗೆ ಒತ್ತುವ ಬಲವನ್ನು (ಅನೇಕ ಸಂದರ್ಭಗಳಲ್ಲಿ ಇದು ಅದರ ಭಾರವೇ ಆಗಿರುತ್ತದೆ) $P$ ಎಂದಿಟ್ಟುಕೊಂಡರೆ, $F_{fr}$ ಎಂಬ ಘರ್ಷಣೆಯ ಬಲಕ್ಕೆ ಈ ಮುಂದಿನ ಸರಳವಾದ ಸೂತ್ರವು ಸರಿಯಾಗಿರುತ್ತದೆ :

$$F_{fr} = kP$$

ಹಾಗಾದರೆ ಮೇಲ್ಮೈಗಳ ಗುಣಗಳನ್ನು ಹೇಗೆ ಗಣನೆಗೆ ತೆಗೆದುಕೊಳ್ಳಲಾಗುವುದು ? ಏಕೆಂದರೆ ಒಂದೇ ಜಾರುಬಂಡಿಯು ಅದೇ ಜಾರುಪಟ್ಟಿಗಳಿದ್ದರೂ, ಪಟ್ಟಿಗಳನ್ನು ಕಬ್ಬಿಣದಿಂದ ಕಟ್ಟಿದೆಯೋ ಇಲ್ಲವೇ ಎಂಬುದನ್ನನುಸರಿಸಿ ಬೇರೆ ಬೇರೆ ರೀತಿ

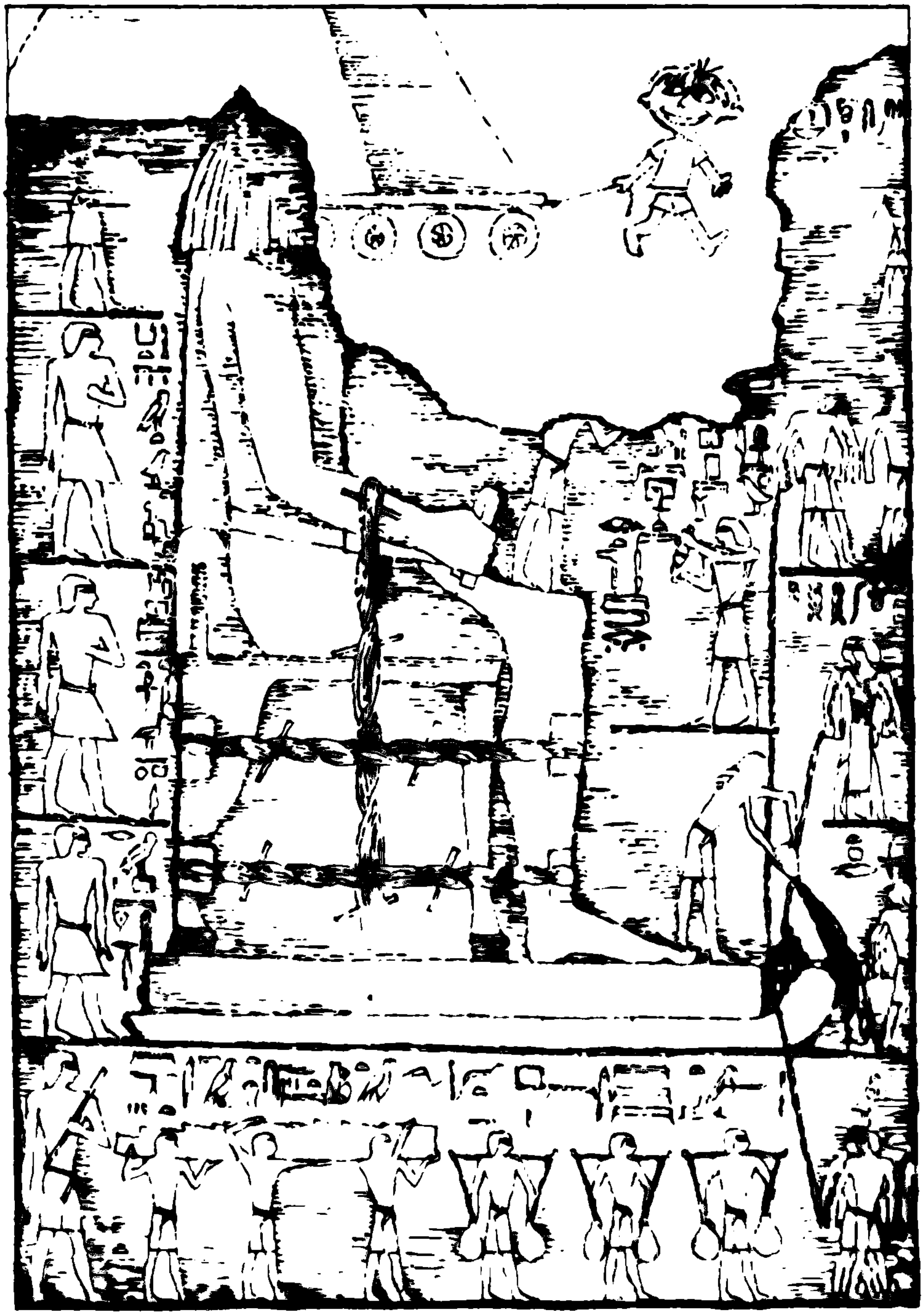
ಯಲ್ಲಿ ಜಾರುವುದು ಎಂಬ ವಿಷಯವು ಸರ್ವವೇದ್ಯ. ಈ ಗುಣಗಳನ್ನು $k$ ಎಂಬ ಅನುಲೋಮ ಸಂಬಂಧದ ಅಪವರ್ತನದ ಮೂಲಕ ಗಣನೆಗೆ ತೆಗೆದುಕೊಳ್ಳಲಾಗು ವುದು. ಇದಕ್ಕೆ **ಘರ್ಷಣ ಗುಣಾಂಕ**ವೆಂದು ಹೆಸರು.

ಮರದ ಮೇಲೆ ಲೋಹದ ಘರ್ಷಣ ಗುಣಾಂಕವು ಹೆಚ್ಚು ಕಡಿಮೆ ಅರ್ಧಕ್ಕೆ ($\frac{1}{2}$) ಸಮವಾಗಿರುವುದು. ನುಣುಪಾದ ಮರದ ಮೇಜಿನ ಮೇಲಿರುವ 2 ಕಿ.ಗ್ರಾಂ. ತೂಕದ ಲೋಹದ ತುಂಡನ್ನು 1 ಕಿ.ಗ್ರಾಂ.ಬ. ಪ್ರಮಾಣದ ಬಲದಿಂದಲೇ ಚಲಿಸು ವಂತೆ ಮಾಡಬಹುದು. ಆದರೆ ಮಂಜುಗಡ್ಡೆಯ ಮೇಲೆ ಉಕ್ಕಿನ ಘರ್ಷಣ ಗುಣಾಂಕವು ಕೇವಲ 0.027ಗೆ ಸಮವಾಗಿರುವುದು. ಅದೇ ಲೋಹದ ತುಂಡನ್ನು ಮಂಜುಗಡ್ಡೆಯ ಮೇಲೆ ಕೇವಲ 0.054 ಕಿ.ಗ್ರಾಂ.ಬ. ಪ್ರಮಾಣದ ಬಲದಿಂದ ಚಲಿಸುವಂತೆ ಮಾಡಬಹುದು.

ಜಾರು ಘರ್ಷಣ ಗುಣಾಂಕವನ್ನು ಕಡಿಮೆ ಮಾಡುವ ಮೊದಮೊದಲಿನ ಪ್ರಯತ್ನ ಒಂದನ್ನು ಸುಮಾರು ಕ್ರಿ.ಪೂ. 1650ರ ಕಾಲದ ಈಜಿಪ್ಟಿನ ಗೋರಿ ಒಂದರಲ್ಲಿನ ಭಿತ್ತಿಚಿತ್ರದ ತುಂಡೊಂದರಲ್ಲಿ ಚಿತ್ರಿಸಿದೆ (ಚಿತ್ರ 6.1). ಭಾರವಾದ ಒಂದು ವಿಗ್ರಹವನ್ನು ಸಾಗಿಸುತ್ತಿರುವ ಜಾರುಬಂಡಿಯ ಪಟ್ಟಿಗಳ ಕೆಳಗೆ ಗುಲಾಮ ನೊಬ್ಬನು ಎಣ್ಣೆ ಸುರಿಯುತ್ತಿರುವುದನ್ನು ಕಾಣುತ್ತೇವೆ.

ಮೇಲಿನ ಸೂತ್ರದಲ್ಲಿ ಮೇಲ್ಮೈ ಕ್ಷೇತ್ರಫಲದ ಪ್ರವೇಶವಿರುವುದಿಲ್ಲ : ಘರ್ಷಣೆಯ ಬಲವು ಒಂದನ್ನೊಂದು ಪರಸ್ಪರ ಉಜ್ಜುತ್ತಿರುವ ಕಾಯಗಳ ನಡುವಿನ ಸಂಸ್ಪರ್ಶ ಮೇಲ್ಮೈ ಕ್ಷೇತ್ರಫಲವನ್ನವಲಂಬಿಸಿರುವುದಿಲ್ಲ. ಒಂದು ಕಿಲೋಗ್ರಾಂ ತೂಕವಿರುವ ಅಗಲವಾದ ಉಕ್ಕಿನ ಹಲಗೆಯನ್ನೂ ಮತ್ತು ಒಂದು ಸಣ್ಣ ಕ್ಷೇತ್ರಫಲ ಪ್ರದೇಶದ ಮೇಲೆ ಆಧಾರಿತವಾಗಿರುವ ಒಂದು ಕಿಲೋಗ್ರಾಂ ತೂಕವನ್ನೂ ಚಲಿಸು ವಂತೆ ಮಾಡುವುದಕ್ಕಾಗಲಿ ಅಥವಾ ಅವ್ಯತ್ಯಸ್ತ ವೇಗದಲ್ಲಿ ಚಲಿಸುತ್ತಾ ಇರುವಂತೆ ಮಾಡುವುದಕ್ಕಾಗಲಿ ಒಂದೇ ಬಲವು ಬೇಕಾಗುವುದು.

ಮತ್ತು ಜಾರು ಘರ್ಷಣೆಯ ಬಲಗಳ ವಿಚಾರವಾಗಿ ಮತ್ತೊಂದು ಮಾತು. ಒಂದು ಕಾಯವನ್ನು ಚಲಿಸುವಂತೆ ಮಾಡುವುದು ಅದು ಚಲನೆಯಲ್ಲಿ ಮುಂದು ವರಿಯುವಂತೆ ಮಾಡುವುದಕ್ಕಿಂತ ಹೆಚ್ಚು ಕಷ್ಟವಾಗುವುದು : ಚಲನೆಯ ಪ್ರಾರಂಭದ



ಚಿತ್ರ 6.1

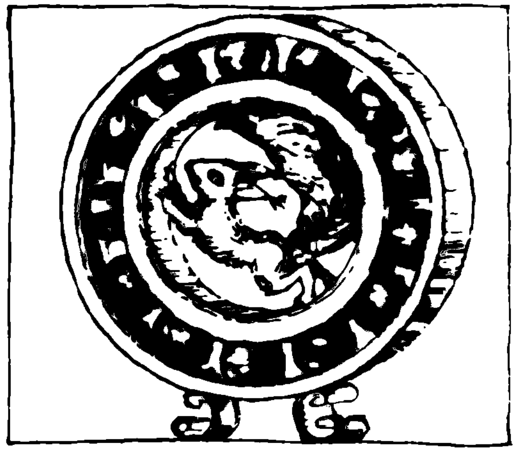
ಕ್ಷಣದಲ್ಲಿ ಎದುರಿಸಿ ನಿವಾರಿಸಲಾದ ಘರ್ಷಣ ಬಲವು ಅಲ್ಲಿಂದ ಮುಂದಿನ ಮೌಲ್ಯಗಳಿಗಿಂತ 20–30%ರಷ್ಟು ಜಾಸ್ತಿಯಾಗಿರುತ್ತದೆ.

ಉರುಳು ಘರ್ಷಣೆಯ ವಿಚಾರವಾಗಿ, –ಒಂದು ಚಕ್ರಕ್ಕೆ ಎಂದು ಇಟ್ಟುಕೊಳ್ಳೋಣ – ಏನು ಹೇಳಬಹುದು ? ಜಾರು ಘರ್ಷಣೆಯಲ್ಲಿರುವಂತೆಯೇ, ಚಕ್ರವನ್ನು ಮೇಲ್ಮೈಗೆ ಅದುಮುವ ಬಲವು ಹೆಚ್ಚಾಗಿದ್ದಷ್ಟೂ ಉರುಳು ಘರ್ಷಣೆಯೂ ಹೆಚ್ಚಾಗಿರುವುದು. ಇದಲ್ಲದೆ, ಉರುಳು ಘರ್ಷಣೆಯ ಬಲವು ಚಕ್ರದ ತ್ರಿಜ್ಯಕ್ಕೆ ಪ್ರತಿಲೋಮವಾಗಿರುತ್ತದೆ. ಇದು ಅರ್ಥವಾಗುವ ವಿಷಯವೇ : ಚಕ್ರವು ದೊಡ್ಡದಾದಷ್ಟೂ ಅದು ಉರುಳುತ್ತಿರುವ ಮೇಲ್ಮೈ ಒರಟು ಗುಣವು ಅಷ್ಟು ಕಡಿಮೆ ಗೋಚರವಾಗುವುದು.

ಒಂದು ಕಾಯವನ್ನು ಜಾರುವಂತೆ ಮತ್ತು ಉರುಳುವಂತೆ ಮಾಡಲು ಪರಿಹರಿಸಬೇಕಾಗಿರುವ ಬಲಗಳನ್ನು ಹೋಲಿಸಿ ನೋಡಿದರೆ, ಕಾಣಬರುವ ವ್ಯತ್ಯಾಸ ಗಮನಾರ್ಹ. ಉದಾಹರಣೆಗೆ, 1 ಟನ್ ಬ. ತೂಗುವ ಒಂದು ಉಕ್ಕಿನ ದಂಡವನ್ನು ಕಲ್ಲರಗಿನ ನೆಲಗಟ್ಟಿನ ಮೇಲೆ ಎಳೆಯುವುದಕ್ಕೆ 200 ಕಿ.ಗ್ರಾ.ಬ. ಬಲ ಬೇಕಾಗುವುದು – ಒಬ್ಬ ಮಲ್ಲ ಮಾತ್ರ ಇದನ್ನು ಮಾಡಲು ಸಾಧ್ಯ. ಆದರೆ ಇದೇ ದಂಡವನ್ನು ಒಂದು ಗಾಡಿಯ ಮೇಲೆ ಒಂದು ಮಗು ಕೂಡ ಉರುಳಿಸಬಲ್ಲುದು -10 ಕಿ.ಗ್ರಾಂ.ಬ.ಕ್ಕಿಂತ ಹೆಚ್ಚಾಗಿರದ ಬಲವು ಇದಕ್ಕೆ ಸಾಕು.

ಉರುಳು ಘರ್ಷಣೆಯು ಜಾರು ಘರ್ಷಣೆಯನ್ನು "ಸೋಲಿಸಿದೆ" ಎಂಬ ವಿಷಯವು ಆಶ್ಚರ್ಯಕರವೇನೂ ಅಲ್ಲ. ಮಾನವಕುಲವು ಬಹುಕಾಲಕ್ಕೆ ಹಿಂದೆಯೇ ಚಕ್ರ ವಾಹನಕ್ಕೆ ತಿರುಗಿದ್ದು ಕಾರಣವಿಲ್ಲದೆ ಅಲ್ಲ.

ಪಟ್ಟಿಗಳಿಗೆ ಬದಲಾಗಿ ಚಕ್ರಗಳ ಉಪಯೋಗವು ಇಷ್ಟಕ್ಕೇ ಜಾರು ಘರ್ಷಣೆಯ ಮೇಲೆ ಪೂರಾ ಗೆಲವು ಸಾಧಿಸಿದಂತಾಗಲಿಲ್ಲ. ಏಕೆಂದರೆ ಚಕ್ರವನ್ನು ಒಂದು ಇರಚಿಗೆ ಅಥವಾ ಅಚ್ಚಿಗೆ ಸೇರಿಸಿರಬೇಕು. ಮೊದಲ ನೋಟಕ್ಕೆ ಉಜ್ಜುವ ಭಾಗಗಳ ಮೇಲೆ ಇರಚಿಯ ಘರ್ಷಣೆ ಇಲ್ಲದಂತೆ ಮಾಡುವುದು ಅಸಾಧ್ಯವೆಂದು ತೋರುತ್ತದೆ. ಶತಮಾನಗಳ ಕಾಲ ಜನಗಳು ಹೀಗೆಯೇ ಯೋಚಿಸುತ್ತಿದ್ದರು ಮತ್ತು ಉಜ್ಜುವ ಭಾಗಗಳಲ್ಲಿನ ಜಾರು ಘರ್ಷಣೆಯನ್ನು ಅನೇಕ ವಿಧದ ಮೃದುಚಾಲಕಗಳ ಉಪಯೋಗದ



ಚಿತ್ರ 6.2

ಮೂಲಕ ಕಡಿಮೆ ಮಾಡಲು ಯತ್ನಿಸಿದರು. ಈ ಮೃದುಚಾಲಕಗಳಿಂದಾದ ಸಹಾಯವು ಕಡಿಮೆ ಏನೂ ಅಲ್ಲ – ಜಾರು ಘರ್ಷಣೆಯನ್ನು 8-10 ಅಪವರ್ತನದಷ್ಟು ಕಡಿಮೆ ಮಾಡಲು ಸಾಧ್ಯವಾಯ್ತು. ಆದರೆ ಅನೇಕ ಸಂದರ್ಭಗಳಲ್ಲಿ, ಮೃದುಚಾಲಕ ಇದ್ದೂ ಕೂಡ, ಜಾರು ಘರ್ಷಣೆಯು ಎಷ್ಟು ಹೆಚ್ಚಾಗಿರುವುದೆಂದರೆ ಅದು ಅತಿ ಹೆಚ್ಚಾದ ವೆಚ್ಚಕ್ಕೆ ಕಾರಣವಾಗುವುದು. ಈ ಪರಿಸ್ಥಿತಿಯಿಂದ ಕಳೆದ ಶತಮಾನದ ಅಂತ್ಯದಲ್ಲಿ ಯಂತ್ರಕಲಾ ಶಾಸ್ತ್ರದ ಬೆಳವಣಿಗೆಗೆ ಬಹಳ ಅಡಚಣೆ ಉಂಟಾಯ್ತು. ಉಜ್ಜುವ ಭಾಗಗಳಲ್ಲಿ ಜಾರು ಘರ್ಷಣೆಗೆ ಬದಲಾಗಿ ಉರುಳು ಘರ್ಷಣೆಯನ್ನು ತರುವ ಅತ್ಯಂತ ಪರಿಣಾಮಕಾರಿಯಾದ ಭಾವನೆಯು ಆಗ ಜನಿಸಿತು. ಈ ಬದಲಾವಣೆಯನ್ನು ಗುಂಡು ಹೊರಳುಗಳು ಸಾಧಿಸಿವೆ. ಇರಚಿಗೂ ಮತ್ತು ಅಚ್ಚು ಗುಂಡಿಯ ಬಳೆಗೂ ನಡುವೆ ಸಣ್ಣ ಗುಂಡುಗಳನ್ನು ತುಂಬಿ ಜೋಡಿಸಲಾಯ್ತು. ಚಕ್ರ ತಿರುಗಿದಂತೆಲ್ಲಾ, ಗುಂಡುಗಳು ಬಳೆಯ ಮೇಲೆ ಉರುಳುತ್ತವೆ, ಮತ್ತು ಇರಚಿಯು ಗುಂಡುಗಳ ಮೇಲೆ ಉರುಳುತ್ತದೆ. ಈ ಯಂತ್ರ ರಚನೆಯ ಕ್ರಮವನ್ನು ಚಿತ್ರ 6.2ರಲ್ಲಿ ತೋರಿಸಿದೆ. ಈ ರೀತಿಯಲ್ಲಿ ಜಾರು ಘರ್ಷಣೆಯ ಸ್ಥಾನದಲ್ಲಿ ಉರುಳು ಘರ್ಷಣೆಯನ್ನು ತರಲಾಯ್ತು. ಇದರಿಂದ ಘರ್ಷಣೆಯ ಬಲಗಳನ್ನು ಹತ್ತಾರು ಸಲಗಳಷ್ಟು ಕಡಿಮೆಮಾಡಲಾಯ್ತು.

ಆಧುನಿಕ ಯಂತ್ರ ಕಲಾಶಾಸ್ತ್ರದಲ್ಲಿ ಗುಂಡು ಮತ್ತು ಉರುಳೆ ಹೊರಳುಗಳ

ಪಾತ್ರದ ವಿಚಾರದಲ್ಲಿ ಅತಿಶಯೋಕ್ತಿಗಳನ್ನು ಹೇಳಲಾಗುವುದೇ ಇಲ್ಲ. ಈ ಹೊರಳು ಗಳನ್ನು ಗುಂಡುಗಳಿಂದಲೂ, ವರ್ತುಲಾಕಾರದ ಉರುಳೆಗಳಿಂದಲೂ, ಶಂಕುವಿನಾ ಕಾರದ ಉರುಳೆಗಳಿಂದಲೂ ಮಾಡಲಾಗುತ್ತಿವೆ. ಸಣ್ಣದಾಗಲಿ ಅಥವಾ ದೊಡ್ಡ ದಾಗಲಿ, ಎಲ್ಲಾ ಯಂತ್ರಗಳೂ ಇಂತಹ ಹೊರಳುಗಳಿಂದ ಸಜ್ಜುಗೊಳಿಸಲ್ಪಟ್ಟಿವೆ. ಒಂದು ಮಿಲ್ಲಿಮೀಟರ್ ವ್ಯಾಸವಿರುವ ಗುಂಡು ಹೊರಳುಗಳಿವೆ; ದೊಡ್ಡದಾದ ಯಂತ್ರಗಳ ಹಲವು ಹೊರಳುಗಳು ಒಂದು ಟನ್ನಿಗಿಂತ ಹೆಚ್ಚು ತೂಗುತ್ತವೆ. ಹೊರಳುಗಳಿಗಾಗಿ ಗುಂಡುಗಳನ್ನು (ಇವುಗಳನ್ನು ಕೆಲವು ಅಂಗಡಿಗಳ ಕಿಟಕಿಗಳಲ್ಲಿ ನೋಡಿರಬೇಕಲ್ಲವೆ) ವಿವಿಧ ವ್ಯಾಸಗಳಿರುವಂತೆ – ಒಂದು ಮಿಲ್ಲಿಮೀಟರಿನ ಹಲವು ಅಂಶಗಳಷ್ಟರಿಂದ ಹಲವಾರು ಸೆಂಟಿಮೀಟರುಗಳಷ್ಟರವರೆಗೂ – ತಯಾರಿಸಲಾಗು ವುದು.

## ದ್ರವಗಳಲ್ಲಿ ಮತ್ತು ಅನಿಲಗಳಲ್ಲಿ ಶ್ಯಾನ ಘರ್ಷಣೆ

ಇದುವರೆಗೂ ನಾವು "ಒಣ" ಘರ್ಷಣೆ, ಅಂದರೆ ಎರಡು ಘನ ಕಾಯಗಳು ಒಂದಕ್ಕೊಂದು ತಗಲುವುದರಿಂದ ಉಂಟಾಗುವ ಘರ್ಷಣೆಯ ವಿಚಾರವಾಗಿ ಹೇಳಿದ್ದಾಯ್ತು. ಆದರೆ, ತೇಲುವ ಮತ್ತು ಹಾರುವ ಕಾಯಗಳೂ ಘರ್ಷಣ ಬಲಗಳ ಕ್ರಿಯೆಗೆ ಒಳಪಟ್ಟಿರುವುವು. ಘರ್ಷಣದ ಮೂಲವು ಬದಲಾಗಿದೆ – ಒಣ ಘರ್ಷಣೆಗೆ ಬದಲಾಗಿ "ತೇವ" ಘರ್ಷಣೆ ಬಂದಿದೆ.

ನೀರಿನಲ್ಲಿ ಅಥವಾ ಗಾಳಿಯಲ್ಲಿ ಚಲಿಸುತ್ತಿರುವ ಕಾಯವು ಅನುಭವಿಸುವ ಪ್ರತಿರೋಧವು ನಾವು ಮೇಲೆ ವಿವರಿಸಿದ ಒಣ ಘರ್ಷಣೆಯ ನಿಯಮಗಳಿಗಿಂತ ಬಹುಮಟ್ಟಿಗೆ ಬೇರೆಯಾದ ಇತರ ನಿಯಮಗಳನ್ನನುಸರಿಸಿದೆ.

ಘರ್ಷಣೆಗೆ ಸಂಬಂಧಿಸಿ ಒಂದು ದ್ರವ ಮತ್ತು ಅನಿಲ ಇವುಗಳ ಚರ್ಯೆಯಲ್ಲಿ ವ್ಯತ್ಯಾಸ ಕಾಣುವುದಿಲ್ಲ. ಆದ್ದರಿಂದ ಈ ಕೆಳಗೆ ಹೇಳುವುದೆಲ್ಲಾ ದ್ರವಗಳಿಗೂ ಮತ್ತು ಅನಿಲಗಳಿಗೂ ಒಂದೇ ಪ್ರಮಾಣದಲ್ಲಿ ಅನ್ವಯವಾಗುವುದು. ನಾವು ಪ್ರವಾಹಿ (fluid) ಎಂದು ಹೇಳುವಾಗ, ಒಂದು ದ್ರವ ಅಥವಾ ಅನಿಲ ಎಂದು ಅರ್ಥ.

"ತೇವ" ಮತ್ತು ಒಣ ಘರ್ಷಣೆಗಳ ನಡುವಿನ ವ್ಯತ್ಯಾಸಗಳಲ್ಲಿ ಒಂದೇನೆಂದರೆ "ತೇವ ನಿಶ್ಚಲ ಘರ್ಷಣೆ" ಇಲ್ಲದಿರುವಿಕೆ : ನೀರಿನಲ್ಲಿ ಅಥವಾ ಗಾಳಿಯಲ್ಲಿ ತೂಗು ಹಾಕಿರುವ ವಸ್ತುವನ್ನು ಸಾಮಾನ್ಯವಾಗಿ ಅಮಿತ ಸಣ್ಣ ಪ್ರಮಾಣದ ಬಲದಿಂದ ಚಲಿಸುವಂತೆ ಮಾಡಬಹುದು. ಆದರೆ, ಒಂದು ಚಲಿಸುತ್ತಿರುವ ಕಾಯವು ಅನುಭವಿಸುವ ಘರ್ಷಣ ಬಲವು ಚಲನೆಯ ವೇಗ, ಕಾಯದ ಆಕಾರ ಮತ್ತು ಪರಿಮಾಣಗಳು ಮತ್ತು ಪ್ರವಾಹಿಯ ಗುಣಗಳು ಇವುಗಳನ್ನೆಲ್ಲಾ ಅವಲಂಬಿಸಿರುವುದು. ಪ್ರವಾಹಿಗಳಲ್ಲಿ ಕಾಯಗಳ ಚಲನೆಯ ಪರಿಶೀಲನೆಯಿಂದ ತಿಳಿದುಬರುವುದೇನೆಂದರೆ, "ತೇವ" ಘರ್ಷಣೆಗೆ ಏಕಮಾತ್ರ ನಿಯಮ ಇಲ್ಲ, ಎರಡು ಬೇರೆ ಬೇರೆ ನಿಯಮಗಳಿವೆ : ಒಂದು ಕಡಿಮೆ ಪ್ರಮಾಣದ ವೇಗದ ಚಲನೆಗಳಿಗೆ ಸರಿಹೋಗುವುದು ಮತ್ತು ಇನ್ನೊಂದು ಹೆಚ್ಚು ವೇಗದ ಚಲನೆಗಳಿಗೆ ಸರಿಹೋಗುವುದು. ಎರಡು ನಿಯಮಗಳು ಇರುವುದರ ಪರಿಣಾಮವೇನೆಂದರೆ ಚಲಿಸುತ್ತಿರುವ ಕಾಯದ ಸುತ್ತಲೂ ಒಂದು ಮಾಧ್ಯಮದ ಪ್ರವಾಹವು, ಹೆಚ್ಚು ಮತ್ತು ಕಡಿಮೆ ವೇಗವುಳ್ಳ ಘನ ಕಾಯಗಳ ಚಲನೆಗಳಿಗೆ ಬೇರೆ ಬೇರೆ ರೀತಿಯಲ್ಲಿರುತ್ತದೆ.

ಕಡಿಮೆ ವೇಗದ ಚಲನೆಗಳಿಗೆ, ನಿರೋಧಬಲವು ಅಥವಾ "ಎಳೆತವು" ಕಾಯದ ವೇಗ ಮತ್ತು ರೇಖೀಯ ಪರಿಮಾಣಗಳಿಗೆ ಅನುಲೋಮವಾಗಿರುವುದು :

$$F \propto vL$$

ಕಾಯದ ಆಕಾರವೇನು ಎಂದು ಹೇಳದಿದ್ದರೆ, ಅದರ ಪರಿಮಾಣಗಳಿಗೆ ಅನುಲೋಮ ಸಂಬಂಧವನ್ನು ಹೇಗೆ ತಿಳಿದುಕೊಳ್ಳಬಹುದು ? ಇಲ್ಲಿ ಅರ್ಥವೇನೆಂದರೆ : ಸಂಪೂರ್ಣ ಸಮರೂಪದ ಆಕಾರವುಳ್ಳ (ಅಂದರೆ ಅನುರೂಪವಾಗಿರುವ ಪರಿಮಾಣಗಳೆಲ್ಲಾ ಒಂದೇ ಅನುಪಾತವುಳ್ಳ) ಎರಡು ಕಾಯಗಳಿಗೆ, ಎಳೆತದ ಅನುಪಾತವು ಕಾಯಗಳ ರೇಖೀಯ ಪರಿಮಾಣಗಳ ಅನುಪಾತಕ್ಕೆ ಸಮವಾಗಿರುವುದು.

ಎಳೆತವು ಪ್ರವಾಹಿಯ ಗುಣಗಳನ್ನು ಅತ್ಯಧಿಕ ಪ್ರಮಾಣದಲ್ಲಿ ಅವಲಂಬಿಸಿರುವುದು. ಒಂದೇ ಕಾಯವು ಒಂದೇ ಆದ ವೇಗದಿಂದ ವಿವಿಧ ಮಾಧ್ಯಮಗಳಲ್ಲಿ ಚಲಿಸುವಾಗ ಅನುಭವಿಸುವ ಘರ್ಷಣ ಬಲಗಳನ್ನು ತೋಲಿಸಿ ನೋಡಿದರೆ, ಮಾಧ್ಯಮವು ಮಂದವಾಗಿದ್ದಷ್ಟೂ, ಅಂದರೆ ಹೆಚ್ಚು ಶ್ಯಾನವಾಗಿದ್ದಷ್ಟೂ, ಕಾಯವು

ಅನುಭವಿಸುವ ಎಳೆತವು ಹೆಚ್ಚಾಗಿರುತ್ತದೆ. ಆದ್ದರಿಂದ ಈಗ ಚರ್ಚೆಯಲ್ಲಿರುವ **ಘರ್ಷಣೆ**ಯನ್ನು **ಶ್ಯಾನ ಘರ್ಷಣೆ** ಎಂದು ಕರೆಯುವುದು ಸೂಕ್ತ. ವಾಯುವು ಗಣನೆಗೆ ಬಾರದಷ್ಟು ಕಡಿಮೆಯಾದ, ನೀರಿಗಿಂತ ಸುಮಾರು 60 ಸಲಗಳಷ್ಟು ಕಡಿಮೆ ಯಾದ, ಶ್ಯಾನ ಘರ್ಷಣೆಯನ್ನುಂಟುಮಾಡುವುದು ಎಂಬುದನ್ನು ಸುಲಭವಾಗಿ ಗ್ರಹಿಸಬಹುದು. ಒಂದು ದ್ರವ ನೀರಿನಂತೆ "ತೆಳು"ವಾಗಿರಬಹುದು ಅಥವಾ ಮೊಸರು ಮತ್ತು ಜೇನುತುಪ್ಪದಂತೆ ಅತಿ ಶ್ಯಾನವಾಗಿರಬಹುದು.

ಒಂದು ದ್ರವದ ಶ್ಯಾನತ್ವವನ್ನು ಅದರಲ್ಲಿ ಗಟ್ಟಿ ಕಾಯಗಳು ಬೀಳುವ ವೇಗ ದಿಂದಾಗಲಿ ಅಥವಾ ಅದು ಒಂದು ಕಂಡಿಯಿಂದ ಸುರಿದುಹೋಗುವ ವೇಗದಿಂದಾಗಲಿ ಊಹಿಸಬಹುದು.

ಅರ್ಧ ಲೀಟರ್ ಲಾಳಿಕೆಯಿಂದ ನೀರು ಹೊರ ಸುರಿಯುವುದಕ್ಕೆ ಹಲವಾರು ಸೆಕೆಂಡುಗಳು ಹಿಡಿಯುತ್ತದೆ. ಅತಿ ಶ್ಯಾನವಾದ ದ್ರವವು ಅದರಿಂದ ಸೋರು ವುದಕ್ಕೆ ಘಂಟೆಗಳು ಅಥವಾ ದಿನಗಳೂ ಹಿಡಿಯಬಹುದು. ಇದಕ್ಕಿಂತ ಇನ್ನೂ ಹೆಚ್ಚು ಶ್ಯಾನವಾಗಿರುವ ದ್ರವಗಳ ದೃಷ್ಟಾಂತಗಳನ್ನೂ ಕೊಡಬಹುದು. ಕೆಲವು ಜ್ವಾಲಾಮುಖಿಗಳ ಗುಂಡಿಗಳಲ್ಲಿ ಒಳಗಡೆಯ ಪಕ್ಕಗಳ ಮೇಲೆ ಶೇಖರವಾಗಿರುವ ಲಾವದಲ್ಲಿ (ಗಟ್ಟಿ ಕಟ್ಟಿರುವ ಶಿಲಾ ಪ್ರವಾಹ) ಗೋಳಾಕಾರದ ಚೂರುಗಳು ಇರುವ ವಿಷಯದ ಬಗ್ಗೆ ಭೂವಿಜ್ಞಾನಿಗಳು ಗಮನ ಸೆಳೆದಿದ್ದಾರೆ. ಮೊದಲ ನೋಟಕ್ಕೆ ಜ್ವಾಲಾಮುಖಿಯ ಗುಂಡಿಯಲ್ಲಿನ ಲಾವದಿಂದ ಇಂತಹ ಗೋಳವು ಹೇಗೆ ಉಂಟಾಗ ಬಹುದೆಂಬುದನ್ನು ತಿಳಿಯಲು ಸಾಧ್ಯವೇ ಆಗಲಿಲ್ಲ. ಲಾವವು ಒಂದು ಗಟ್ಟಿ ಪದಾರ್ಥವೆಂದು ಭಾವಿಸಿದರೆ ಇದನ್ನು ಅರ್ಥಮಾಡಿಕೊಳ್ಳಲಾಗುವುದಿಲ್ಲ. ಆದರೆ ಲಾವವು ಒಂದು ದ್ರವದ ಹಾಗೆ ವ್ಯವಹರಿಸಿದರೆ, ಅದು ಗುಂಡಿಯಲ್ಲಿ ಇತರ ದ್ರವ ಗಳಂತೆಯೇ ಕೆಳಕ್ಕೆ ಹರಿಯುವುದು. ಆದರೆ ಒಂದೇ ಒಂದು ಹನಿಯು ಆಗುವುದು ಒಂದು ಸೆಕೆಂಡಿನ ಒಂದು ಸಣ್ಣ ಭಾಗದಷ್ಟು ಕಾಲದಲ್ಲಲ್ಲ, ಹಲವಾರು ದಶಕಗಳ ಕಾಲದಲ್ಲಿ. ಹನಿಯು ತುಂಬ ಭಾರವಾಗಿ ಬೆಳೆದಾಗ ಅದು ಬೇರೆಯಾಗಿ ಒಡೆದು ಗುಂಡಿಯ ತಳಕ್ಕೆ ಬೀಳುವುದು.

ಈ ದೃಷ್ಟಾಂತದಿಂದ ಸ್ಪಷ್ಟಪಡುವುದೇನೆಂದರೆ ನಿಜವಾದ ಗಟ್ಟಿ ಕಾಯ

ಗಳನ್ನೂ ಮತ್ತು ನಮಗೆ ಆಗಲೇ ತಿಳಿದಿರುವಂತೆ ಹರಳುಗಳನ್ನು ಹೋಲುವುದ ಕ್ಕಿಂತ ಹೆಚ್ಚಾಗಿ ದ್ರವವನ್ನೇ ಹೋಲುವ ಅಸ್ಫಟಿಕೀಯ ಕಾಯಗಳನ್ನೂ ಒಂದೇ ಮಟ್ಟದಲ್ಲಿ ಇಡಕೂಡದು. ಲಾವವೂ ಇಂತಹ ಒಂದು ಅಸ್ಫಟಿಕೀಯ ಕಾಯ. ಅದು ಗಟ್ಟಿಯಾಗಿರುವಂತೆ ಕಾಣುತ್ತದೆಯಾದರೂ ಅದು ವಾಸ್ತವವಾಗಿ ಒಂದು ಅತಿ ಶ್ಯಾನ ದ್ರವ.

ಏನು ಹೇಳುವಿರಿ, ಅರಗು ಒಂದು ಗಟ್ಟಿ ಪದಾರ್ಥವೋ ? ಎರಡು ಕಾರ್ಕು ಬಿರಡೆಗಳನ್ನು ತೆಗೆದುಕೊಂಡು ಅವುಗಳನ್ನು ಎರಡು ಬಟ್ಟಲುಗಳ ತಳದಲ್ಲಿಡಿ. ಯಾವುದಾದರೂ ಕರಗಿಸಿದ ಲವಣವನ್ನು (ದೃಷ್ಟಾಂತಕ್ಕೆ ಪೆಟ್ಲುಪ್ಪು – ಇದು ಸುಲಭವಾಗಿ ಸಿಕ್ಕುತ್ತದೆ) ಒಂದರೊಳಗೆ ಸುರಿಯಿರಿ ಮತ್ತು ಕಾರ್ಕು ಇರುವ ಮತ್ತೊಂದು ಬಟ್ಟಲಿನಲ್ಲಿ ಅರಗನ್ನು ಸುರಿಯಿರಿ. ಎರಡು ದ್ರವಗಳೂ ಗಟ್ಟಿಯಾಗಿ ಕಾರ್ಕುಗಳನ್ನು ಮುಚ್ಚಿಕೊಳ್ಳುತ್ತವೆ. ಈ ಬಟ್ಟಲುಗಳನ್ನು ಒಂದು ಅಲಮಾರಿನಲ್ಲಿ ಇಟ್ಟು ಬಹಳ ಕಾಲದವರೆಗೆ ಮರೆತುಬಿಡಿ. ಹಲವು ತಿಂಗಳುಗಳಾದ ಮೇಲೆ, ಅರಗಿಗೂ ಮತ್ತು ಲವಣಕ್ಕೂ ಇರುವ ವ್ಯತ್ಯಾಸವನ್ನು ನೋಡುವಿರಿ. ಲವಣದಲ್ಲಿ ಮುಳುಗಿದ್ದ ಕಾರ್ಕು ಮೊದಲಿನಂತೆ ಬಟ್ಟಲಿನ ತಳದಲ್ಲಿ ನಿಂತಿರುತ್ತದೆ. ಆದರೆ ಅರಗಿನಲ್ಲಿ ಮುಳುಗಿ ಹೋಗಿದ್ದ ಕಾರ್ಕು ಮೇಲ್ಭಾಗದಲ್ಲಿ ಇರುವುದು. ಇದು ಹೇಗಾಯ್ತು ? ಬಹಳ ಸುಲಭ : ಕಾರ್ಕು ಅದು ನೀರಿನಲ್ಲಿ ಹೇಗೋ ಹಾಗೆಯೇ ಮೇಲ್ಮೈಗೆ ಬಂದಿತು. ವ್ಯತ್ಯಾಸ ಏನೆಂದರೆ ಕಾಲದ್ದು : ಶ್ಯಾನ ಘರ್ಷಣೆಯ ಬಲವು ಕಡಿಮೆ ಪ್ರಮಾಣದ್ದಾಗಿದ್ದರೆ ಕಾರ್ಕು ತಕ್ಷಣವೇ ಮೇಲ್ಮೈಗೆ ಬರುತ್ತದೆ. ಆದರೆ ಅತಿ ಶ್ಯಾನವಾದ ದ್ರವಗಳಲ್ಲಿ ಮೇಲಕ್ಕೆ ತೇಲಿಬರುವುದಕ್ಕೆ ತಿಂಗಳುಗಳು ಹಿಡಿಯುವುವು.

## ಹೆಚ್ಚು ವೇಗಗಳಲ್ಲಿ ನಿರೋಧ ಬಲಗಳು

ಆದರೆ "ತೀವ" ಘರ್ಷಣೆಯ ನಿಯಮಗಳಿಗೆ ಹಿಂತಿರುಗೋಣ. ನಾವು ವಿವರಣೆ ಕೊಟ್ಟಿರುವಂತೆ, ಕಡಿಮೆ ವೇಗಗಳಲ್ಲಿ ಎಳೆತವು ದ್ರವದ ಶ್ಯಾನತ್ವ, ಚಲನೆಯ ವೇಗ ಮತ್ತು ಒಂದು ಕಾಯದ ರೇಖೀಯ ಪರಿಮಾಣಗಳು ಇವುಗಳನ್ನು ಅವಲಂಬಿಸುತ್ತದೆ. ಈಗ ಹೆಚ್ಚು ಪ್ರಮಾಣದ ವೇಗಗಳಲ್ಲಿ ಘರ್ಷಣೆಯ ನಿಯಮ

ಗಳನ್ನು ಪರಿಶೀಲಿಸೋಣ. ಮೊದಲಿಗೆ, ಯಾವ ವೇಗಗಳು ಕಡಿಮೆ ಮಟ್ಟದವು ಮತ್ತು ಯಾವ ವೇಗಗಳು ಹೆಚ್ಚು ಮಟ್ಟದವು ಎಂಬುದನ್ನು ಸ್ಪಷ್ಟಪಡಿಸಬೇಕು. ನಮ್ಮ ಆಸಕ್ತಿಗೆ ಒಳಪಟ್ಟಿರುವುದು ವೇಗದ ಸಂಖ್ಯಾತ್ಮಕ ಮೌಲ್ಯ ಅಲ್ಲ, ವೇಗವು ಮೇಲೆ ವಿವರಿಸಿದ ಶ್ಯಾನ ಘರ್ಷಣ ನಿಯಮವು ಊರ್ಜಿತವಾಗಿರುವಷ್ಟು ಕಡಿಮೆ ಪ್ರಮಾಣದ್ದಾಗಿರುವುದೇ ಎಂಬುದು ಮಾತ್ರ.

ಕಡಿಮೆ ವೇಗಗಳಿರುವ ಎಲ್ಲಾ ಸಂದರ್ಭಗಳಲ್ಲಿಯೂ ಶ್ಯಾನ ಘರ್ಷಣೆಯ ನಿಯಮಗಳು ಅನ್ವಯವಾಗಿರುವ ಒಂದು ಸೆಕೆಂಡಿಗೆ ಇಷ್ಟು ಮೀಟರುಗಳೆಂಬ ಸಂಖ್ಯೆ ಒಂದನ್ನು ನಿರ್ದೇಶ ಮಾಡುವುದು ಸಾಧ್ಯವಿಲ್ಲವೆಂದು ತಿಳಿದು ಬರುವುದು. ನಾವು ವಿಚಾರಮಾಡಿರುವ ನಿಯಮವು ಅನ್ವಯವಾಗಿರುವ ಮಿತಿಗಳು ಒಂದು ಕಾಯದ ಪರಿಮಾಣಗಳು ಮತ್ತು ದ್ರವದ ಶ್ಯಾನತ್ವದ ಮಟ್ಟ, ಅದರ ಸಾಂದ್ರತೆ ಇವುಗಳನ್ನು ಅವಲಂಬಿಸಿರುವುವು.

"ತಗ್ಗು" ಎಂದರೆ,

ವಾಯುವಿಗೆ

$$\frac{0.75}{L} \text{ ಸೆಂ.ಮೀ/ಸೆ}$$

ಗಿಂತ ಕಡಿಮೆಯಾಗಿರುವ ವೇಗ,

ನೀರಿಗೆ

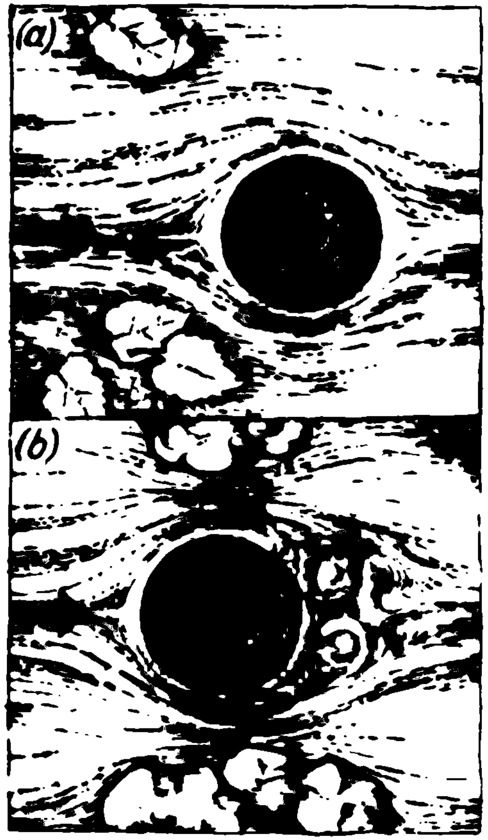
$$\frac{0.05}{L} \text{ ಸೆಂ.ಮೀ/ಸೆ}$$

ಗಿಂತ ಕಡಿಮೆಯಾಗಿರುವ ವೇಗ ಮತ್ತು ಜೇನುತುಪ್ಪದಂತಹ ಶ್ಯಾನವಾದ ದ್ರವಗಳಿಗೆ

$$\frac{100}{L} \text{ ಸೆಂ.ಮೀ/ಸೆ}$$

ಗಿಂತ ಕಡಿಮೆಯಾಗಿರುವ ವೇಗ.

ಇದರಿಂದಾಗಿ, ಶ್ಯಾನ ಘರ್ಷಣೆಯ ನಿಯಮಗಳು ವಾಯುವಿಗೆ, ಮತ್ತು ಮುಖ್ಯವಾಗಿ ನೀರಿಗೆ, ಬಹುಮಟ್ಟಿಗೆ ಅನ್ವಯವಾಗುವುದಿಲ್ಲ : ಬಹಳ ಕಡಿಮೆಯಾದ




ಚಿತ್ರ 6.3

ವೇಗಗಳಲ್ಲಿಯೂ (ಅಂದರೆ ಸುಮಾರು 1 ಸೆಂ.ಮೀ/ಸೆ). ಅವುಗಳು ಮಿಲಿಮೀಟರ್ ಪರಿಮಾಣಗಳಿರುವ ಬಹಳ ಸಣ್ಣ ಕಾಯಗಳಿಗೆ ಮಾತ್ರ ಅನ್ವಯಿಸುವುವು. ನೀರಿನಲ್ಲಿ ಮುಳುಗುವ ಒಬ್ಬ ವ್ಯಕ್ತಿಯು ಅನುಭವಿಸುವ ನಿರೋಧವು ಶ್ಯಾನ ಘರ್ಷಣೆಯ ನಿಯಮಕ್ಕೆ ಎಷ್ಟು ಮಾತ್ರವೂ ಅಧೀನ ಪಟ್ಟಿರುವುದಿಲ್ಲ.

ಆದರೆ, ವೇಗದ ಬದಲಾವಣೆಯಿಂದ ಒಂದು ಮಾಧ್ಯಮದ ನಿರೋಧವನ್ನು ರೂಪಿಸುವ ನಿಯಮವೂ ಬದಲಾಗುವುದೆಂಬುದಕ್ಕೆ ಹೇಗೆ ವಿವರಣೆ ಕೊಡಬಹುದು ? ಇದರ ಕಾರಣಗಳನ್ನು ದ್ರವದಲ್ಲಿ ಚಲಿಸುತ್ತಿರುವ ಕಾಯದ ಸುತ್ತಲಿನ ದ್ರವದ ಪ್ರವಾಹದ ಲಕ್ಷಣದಲ್ಲಿ ಆಗುವ ಬದಲಾವಣೆಯಲ್ಲಿ ಹುಡುಕಬೇಕು. ಚಿತ್ರ 6.3ರಲ್ಲಿ ದ್ರವದಲ್ಲಿ ಚಲಿಸುತ್ತಿರುವ ಎರಡು ವರ್ತುಲಾಕಾರದ ಉರುಳೆಗಳನ್ನು ತೋರಿಸಿದೆ

(ಅವುಗಳ ಅಕ್ಷಗಳು ನಕ್ಷೆಗೆ ಲಂಬವಾಗಿವೆ). ನಿಧಾನವಾದ ಚಲನೆಯಲ್ಲಿ, ದ್ರವವು ಚಲಿಸುತ್ತಿರುವ ಕಾಯದ ಸುತ್ತಲೂ ಸುಗಮವಾಗಿ ಹರಿಯುತ್ತದೆ – ಅದು ಎದುರಿಸ ಬೇಕಾದ ತಡೆಯು ಶ್ಯಾನ ಘರ್ಷಣೆಯ ಬಲ (ಚಿತ್ರ 6.3*a*). ಹೆಚ್ಚು ವೇಗದಲ್ಲಿ, ಚಲಿಸುತ್ತಿರುವ ಕಾಯದ ಹಿಂದೆ ದ್ರವದ ತೊಡಕಾದುದೂ, ಅವ್ಯವಸ್ಥಿತವೂ ಆದ ಚಲನೆಯು ಏರ್ಪಡುವುದು (ಚಿತ್ರ 6.3*b*). ಬೇರೆ ಬೇರೆ ಪ್ರವಾಹಗಳು ಕಾಣಿಸಿ ಕೊಳ್ಳುತ್ತಲೂ, ಕಣ್ಮರೆಯಾಗುತ್ತಲೂ ಇರುತ್ತ ವಿಚಿತ್ರವಾದ ಆಕೃತಿಗಳನ್ನೂ, ಬಳಿ ಗಳನ್ನೂ, ಸುಳಿಗಳನ್ನೂ ರೂಪಿಸುತ್ತವೆ. ಪ್ರವಾಹಗಳು ರೂಪಿಸುವ ಚಿತ್ರವು ಯಾವಾಗಲೂ ವ್ಯತ್ಯಾಸವಾಗುತ್ತಲೇ ಇರುತ್ತದೆ. ಪ್ರಕ್ಷುಬ್ಧವೆಂದು ಕರೆಯಲ್ಪಡುವ ಈ ಚಲನೆಯ ರೂಪವು, ನಿರೋಧದ ನಿಯಮವನ್ನು ಆಮೂಲಾಗ್ರವಾಗಿ ಬದ ಲಾಯಿಸುತ್ತದೆ.

ಪ್ರಕ್ಷುಬ್ಧ ನಿರೋಧವು ಕಾಯದ ವೇಗ ಮತ್ತು ಪರಿಮಾಣಗಳನ್ನು ಅವಲಂಬಿ ಸಿರುವ ರೀತಿಯು ಶ್ಯಾನ ನಿರೋಧಕ್ಕಿಂತ ಸಂಪೂರ್ಣವಾಗಿ ಬೇರೆಯಾಗಿರುವುದು : ಅದು ವೇಗದ ವರ್ಗ ಮತ್ತು ರೇಖೀಯ ಪರಿಮಾಣಗಳ ವರ್ಗ ಇವುಗಳಿಗೆ ಅನು ಲೋಮವಾಗಿರುವುದು. ಈ ಚಲನೆಯ ಕಾಲದಲ್ಲಿ ದ್ರವದ ಶ್ಯಾನತ್ವವು ಮುಖ್ಯ ಪಾತ್ರದ ನಿರ್ವಹಣೆ ವಹಿಸುವುದಿಲ್ಲ; ನಿರ್ಣಾಯಕ ಗುಣವು ಈಗ ಸಾಂದ್ರತೆ, ತಡೆಯು ಪ್ರವಾಹಿಯ ಸಾಂದ್ರತೆಯ ಮೊದಲನೆಯ ಘಾತಕ್ಕೆ ಅನುಲೋಮವಾಗಿರು ತ್ತದೆ. ಆದ್ದರಿಂದ $F$ ಎಂಬ ಪ್ರಕ್ಷುಬ್ಧ ನಿರೋಧಕ ಬಲಕ್ಕೆ ಮುಂದಿನ ಸೂತ್ರವು ಅನ್ವಯವಾಗುವುದು :

$$F \propto \rho v^2 L^2$$

ಇದರಲ್ಲಿ $v$ ಎಂಬುದು ಚಲನೆಯ ವೇಗ, $L$ ಕಾಯದ ರೇಖೀಯ ಪರಿಮಾಣಗಳು, ಮತ್ತು $\rho$ ಮಾಧ್ಯಮದ ಸಾಂದ್ರತೆ. ನಾವು ಬರೆದಿಲ್ಲದೆ ಇರುವ ಅನುಪಾತೀಯ ಗುಣಾಂಕವು ಕಾಯದ ಆಕಾರವನ್ನನುಸರಿಸಿ ಬೇರೆ ಬೇರೆ ಮೌಲ್ಯಗಳದ್ದಾಗಿರುವುದು.

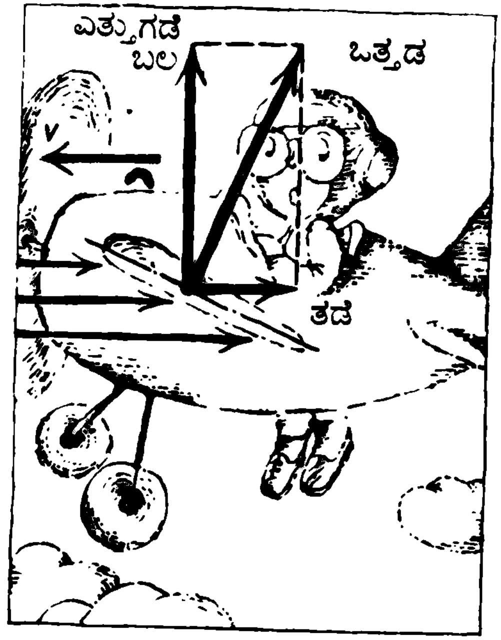
## ಪ್ರವಾಹ ರೇಖಿತ ಆಕಾರ

ನಾವು ಮೇಲೆ ಹೇಳಿರುವಂತೆ ವಾಯುವಿನಲ್ಲಿ ಚಲನೆಯು ಬಹುಮಟ್ಟಿಗೆ ಯಾವಾ

ಗಲೂ "ತ್ವರಿತ"ವಾದದ್ದಾಗಿರುವುದು, ಅಂದರೆ ಮೂಲ ಪಾತ್ರವನ್ನು ವಹಿಸಿರುವುದು ಪ್ರಕ್ಷುಬ್ಧ ನಿರೋಧವೇ ಹೊರತು ಶ್ಯಾನ ನಿರೋಧವಲ್ಲ. ವಿಮಾನಗಳೂ, ಪಕ್ಕಿಗಳೂ ಮತ್ತು ಧುಮುಕು ಕೊಡೆ ವ್ಯಕ್ತಿಯು (ಪ್ಯಾರಾಚೂಟಿನವನು) ಸಹ ಪ್ರಕ್ಷುಬ್ಧ ನಿರೋಧವನ್ನು ಅನುಭವಿಸುವರು. ಧುಮುಕು ಕೊಡೆ ಸಹಾಯವಿಲ್ಲದೆ ಒಬ್ಬನು ಗಾಳಿಯಲ್ಲಿ ಇಳಿಬಿದ್ದರೆ, ಸ್ವಲ್ಪ ಕಾಲದ ನಂತರ ಅವನು ಏಕರೂಪ ಚಲನೆಯಲ್ಲಿರುವನು (ನಿರೋಧ ಬಲವು ತೂಕಕ್ಕೆ ಸರಿತೂಗುವುದು), ಆದರೆ ಹೆಚ್ಚು ಪ್ರಮಾಣದ್ದೇ ಆದ, ಸುಮಾರು 50 ಮೀ./ಸೆ. ವೇಗದಲ್ಲಿ ಬೀಳುವನು. ಧುಮುಕು ಕೊಡೆ ತೆರೆದಾಗ ಬೀಳುವುದು ಥಟಕ್ಕನೆ ನಿಧಾನವಾಗುವುದು – ಅದೇ ತೂಕವು ಈಗ ಕೊಡೆಯ ನಿರೋಧದಿಂದ ಸರಿದೂಗಿಸಲ್ಪಡುವುದು. ನಿರೋಧ ಬಲವು ಚಲನೆಯ ವೇಗ ಮತ್ತು ಬೀಳುತ್ತಿರುವ ವಸ್ತುವಿನ ರೇಖೀಯ ಪರಿಮಾಣಗಳಿಗೆ ಅನುಲೋಮವಾಗಿರುವುದರಿಂದ, ಬೀಳುತ್ತಿರುವ ಕಾಯದ ರೇಖೀಯ ಪರಿಮಾಣಗಳು ಹೆಚ್ಚಾದಷ್ಟೇ ಪ್ರಮಾಣದಲ್ಲಿ ವೇಗವೂ ಕಡಿಮೆಯಾಗುವುದು. ಒಂದು ಧುಮುಕು ಕೊಡೆಯ ವ್ಯಾಸವು ಸುಮಾರು 7 ಮೀ. ಇರುತ್ತದೆ, ಒಬ್ಬ ಮನುಷ್ಯನ ಕಾಯದ "ವ್ಯಾಸ"ವು ಸುಮಾರು ಒಂದು ಮೀಟರ್. ಪತನದ ವೇಗವು 7 ಮೀ./ಸೆ.ಗೆ ಇಳಿಯುವುದು. ಇಂತಹ ವೇಗದೊಡನೆ ಸುರಕ್ಷತೆಯಿಂದ ನೆಲದಮೇಲೆ ಇಳಿಯಬಹುದು.

ನಿರೋಧವನ್ನು ಹೆಚ್ಚಿಸುವ ಸಮಸ್ಯೆಯನ್ನು ಇದಕ್ಕೆ ವಿಪರ್ಯಯವಾದ ಸಮಸ್ಯೆಗಿಂತ ಬಹುಮಟ್ಟಿಗೆ ಹೆಚ್ಚು ಸುಲಭವಾಗಿ ಬಗೆಹರಿಸಬಹುದೆಂದು ಹೇಳಬೇಕಾಗಿದೆ. ಒಂದು ಕಾರ್ ಅಥವಾ ವಿಮಾನದ ಮೇಲಿನ ಗಾಳಿಯ ನಿರೋಧವನ್ನು ಅಥವಾ ಒಂದು ಜಲಾಂತರ್ನೌಕೆಯ ಮೇಲಿನ ನೀರಿನ ನಿರೋಧವನ್ನು ಕಡಿಮೆ ಮಾಡುವುದು ಯಂತ್ರಕಲಾ ಶಾಸ್ತ್ರದ ಅತ್ಯಂತ ಮುಖ್ಯವೂ ಕಠಿನವೂ ಆದ ಸಮಸ್ಯೆಗಳಲ್ಲಿ ಒಂದು.

ಕಾಯದ ಆಕಾರವನ್ನು ಬದಲಾಯಿಸಿ ಪ್ರಕ್ಷುಬ್ಧ ನಿರೋಧವನ್ನು ಒಂದು ದೊಡ್ಡ ಗುಣಕದಷ್ಟು ಕಡಿಮೆ ಮಾಡಲು ಸಾಧ್ಯವಾಗುತ್ತದೆ. ಇದಕ್ಕಾಗಿ ನಿರೋಧದ ಮೂಲವಾದ ಪ್ರಕ್ಷುಬ್ಧ ಚಲನೆಯನ್ನು ಕನಿಷ್ಠ ಪ್ರಮಾಣಕ್ಕೆ ಇಳಿಸಬೇಕು. ರೂಢಿಯಾಗಿ ಹೇಳುವ ಹಾಗೆ, ಕಾಯವನ್ನು ಪ್ರವಾಹ ರೇಖಿತ ಮಾಡುವುದರಿಂದ ಇದನ್ನು ಸಾಧಿಸಬಹುದು.

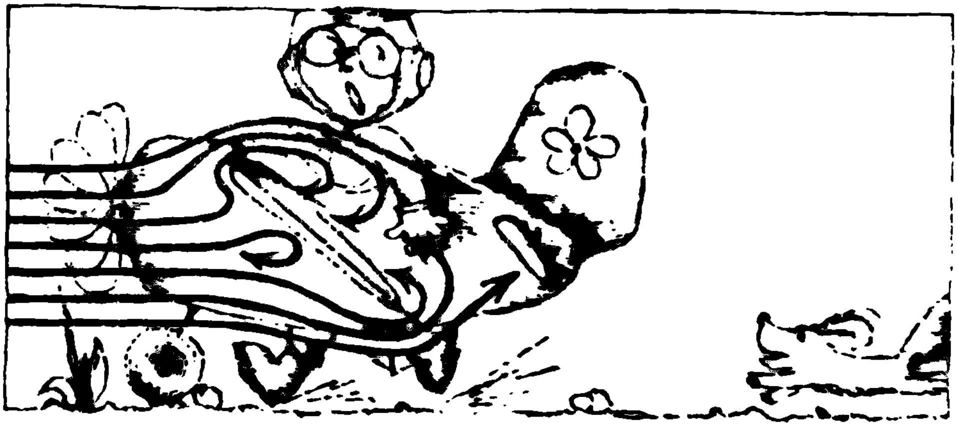



ಚಿತ್ರ 6.4

ಈ ಅರ್ಥದಲ್ಲಿ ಯಾವ ಆಕೃತಿಯು ಅತ್ಯುತ್ತಮವಾಗಿರುವುದು ? ಕಾಯದ ಮುಂಭಾಗವು ಒಂದು ಬಿಂದುವಿಗೆ ಬರುವಂತೆ ಅದಕ್ಕೆ ಆಕೃತಿ ಕೊಡಬೇಕೆಂದು ಮೊದಲನೋಟಕ್ಕೆ ಕಾಣಬಹುದು. ಇಂತಹ ಬಿಂದುವು ಗಾಳಿಯನ್ನು ಅತ್ಯಂತ ಯಶಸ್ವಿಯಾಗಿ "ಸೀಳು"ತ್ತದೆ ಎಂದು ತೋರಬಹುದು. ಆದರೆ ಮುಖ್ಯವೆಂದು ಸಿದ್ಧಪಟ್ಟಿರುವುದೆಂದರೆ ಗಾಳಿಯನ್ನು ಸೀಳುವುದಲ್ಲ, ಅದನ್ನು ಎಷ್ಟು ಸಾಧ್ಯವಾದರೆ ಅಷ್ಟು ಸ್ವಲ್ಪ ಕಲಕಿ, ಅದು ಕಾಯದ ಸುತ್ತ ಸುಗಮವಾಗಿ ಪ್ರವಹಿಸುವಂತೆ ಮಾಡುವುದು. ಪ್ರವಾಹಿಯಲ್ಲಿ ಚಲಿಸುವ ಒಂದು ಕಾಯಕ್ಕೆ ಅತ್ಯುತ್ತಮವಾದ ಪಾರ್ಶ್ವ ರೂಪರೇಖೆ ಯಾವುದೆಂದರೆ ಮುಂಭಾಗದಲ್ಲಿ ಮೊಂಡಾದ ಮತ್ತು ಹಿಂಭಾಗದಲ್ಲಿ ಮೊನಚಾದ ಆಕೃತಿಯುಳ್ಳದ್ದು*. ಇಂತಹ ಆಕೃತಿಯೊಡನೆ, ಪ್ರವಾಹಿಯು

---

* ದೋಣಿಗಳಿಗೆ ಮತ್ತು ಸಮುದ್ರದಲ್ಲಿ ಚಲಿಸುವ ಹಡಗುಗಳಿಗೆ ಮೊನಚಾದ ಮುಂಭಾಗಗಳು ಬೇಕಾಗುವುದು ತರಂಗಗಳನ್ನು "ಒಡೆಯುವುದಕ್ಕೆ", ಅಂದರೆ ಜಲನೆಯು ಮೇಲ್ಮೈಯನ್ನು ಸರಿಸಿಯೇ ಚಲನೆ ಏರ್ಪಡುವಾಗ.



ಚಿತ್ರ 6.5

ಬಿಂದುವಿನಿಂದ ಸುಗಮವಾಗಿ ಹರಿದುಹೋಗುತ್ತದೆ ಮತ್ತು ಪ್ರಕ್ಷುಬ್ಧತೆಯು ಕನಿಷ್ಠ ಮಟ್ಟಕ್ಕೆ ಇಳಿಯುವುದು. ಚೂಪಾದ ಅಂಚುಗಳು ಮುಂಭಾಗದಲ್ಲಿ ಇರಲೇ ಕೂಡದು ಏಕೆಂದರೆ ಅವು ಪ್ರಕ್ಷುಬ್ಧತೆಯನ್ನುಂಟುಮಾಡುತ್ತವೆ.

ಒಂದು ವಿಮಾನದ ರೆಕ್ಕೆಯ ಪ್ರವಾಹರೇಖಿತ ಆಕೃತಿಯು ಚಲನೆಗೆ ಕನಿಷ್ಠ ಪ್ರಮಾಣದ ನಿರೋಧವನ್ನುಂಟುಮಾಡುವುದಲ್ಲದೆ, ರೆಕ್ಕೆಯ ಮಧ್ಯರೇಖೆಯು ಚಲನೆಯ ದಿಕ್ಕಿನಿಂದ ಮೇಲಕ್ಕೆ ಬಾಗಿರುವಾಗ ಅತ್ಯಂತ ಹೆಚ್ಚು ಎತ್ತುಗಡೆ ಬಲವನ್ನುಂಟುಮಾಡುತ್ತದೆ. ರೆಕ್ಕೆಯ ಸುತ್ತ ಹರಿಯುತ್ತ, ಗಾಳಿಯು ಮುಖ್ಯವಾಗಿ ಅದರ ಸಮತಲಕ್ಕೆ ಲಂಬವಾದ ದಿಕ್ಕಿನಲ್ಲಿ ಅದನ್ನು ದೂಡುತ್ತದೆ (ಚಿತ್ರ 6.4). ಬಾಗಿರುವ ರೆಕ್ಕೆಯಲ್ಲಿ ಈ ಬಲವು ಮೇಲುಗಡೆಗೆ ಗುರಿಯಿಟ್ಟಿರುತ್ತೆ, ಎಂಬುದು ಸ್ಪಷ್ಟ.

ಆಕ್ರಮಣ ಕೋನವು ಹೆಚ್ಚಿದಂತೆಲ್ಲಾ ಎತ್ತುಗಡೆ ಬಲವೂ ಹೆಚ್ಚುತ್ತದೆ. ಆದರೆ ಕೇವಲ ಜ್ಯಾಮಿತೀಯ ವಿಚಾರಗಳ ಮೇಲೆ ಆಧಾರಪಟ್ಟ ವಾದ ಸರಿಯೆ. ಆಕ್ರಮಣ ಕೋನವು ಎಷ್ಟು ಹೆಚ್ಚಾಗಿದ್ದರೆ ಅಷ್ಟು ಉತ್ತಮವೆಂಬ ತಪ್ಪು ತೀರ್ಮಾನಕ್ಕೆ ನಮ್ಮನ್ನು ಎಳೆಯುವುದು. ವಾಸ್ತವದಲ್ಲಿ, ಆಕ್ರಮಣ ಕೋನವನ್ನು ಹೆಚ್ಚಿಸುತ್ತ ಹೋದಂತೆ, ವಿಮಾನದ ಸುಗಮ ಚಲನೆಯು ಹೆಚ್ಚು ಹೆಚ್ಚು ಕಷ್ಟವಾಗುವುದು. ಚಿತ್ರ 6.5ರಲ್ಲಿ ತೋರಿಸುವಂತೆ, ಮತ್ತು ಈ ಕೋನದ ನಿರ್ದಿಷ್ಟವಾದ ಒಂದು

ಮೌಲ್ಯದಲ್ಲಿ ಬಿರುಸಾದ ಪ್ರಕ್ಷುಬ್ಧತೆಯು ಉಂಟಾಗುವುದು; ಎಳೆತವು ಥಟಕ್ಕನೆ ಹೆಚ್ಚುವುದು ಮತ್ತು ಎತ್ತುಗಡೆ ಬಲವು ಕಡಿಮೆಯಾಗುವುದು.

## ಶ್ಯಾನತ್ವದ ಅದೃಶ್ಯ

ಅನೇಕ ವೇಳೆ, ಯಾವುದಾದರೂ ಒಂದು ವಿದ್ಯಮಾನವನ್ನು ವಿವರಿಸುವುದಕ್ಕಾಗಿಯೋ ಅಥವಾ ಯಾವುದಾದರೂ ಕಾಯಗಳ ಗುಂಪೊಂದರ ವರ್ತನೆಯನ್ನು ವರ್ಣಿಸುವುದಕ್ಕೋ ನಾವು ಬಹುಮಟ್ಟಿಗೆ ಪರಿಚಿತವಾಗಿರುವ ದೃಷ್ಟಾಂತಗಳನ್ನು ಅನ್ವಯಿಸಿಕೊಳ್ಳುತ್ತೇವೆ. ಈ ವಸ್ತುವು ಇಂತಹ ರೀತಿಯಲ್ಲಿ ಚಲಿಸುತ್ತಿರಬೇಕೆಂಬುದು ಸುಸ್ಪಷ್ಟ ಎಂದು ಹೇಳುತ್ತೇವೆ, ಏಕೆಂದರೆ ಇತರ ಕಾಯಗಳೂ ಅದೇ ನಿಯಮಗಳ ಅನುಸಾರವಾಗಿಯೇ ಚಲಿಸುತ್ತವೆ. ಹೊಸ ವಿಷಯ ಒಂದರ ವಿವರಣೆಯನ್ನು ನಮ್ಮ ಜೀವನದಲ್ಲಿ ನಾವು ಆಗಲೇ ಕಂಡಿರುವ ವಿಷಯಕ್ಕೆ ಇಳಿಸುವುದು ಬಹು ಮಂದಿಗೆ ತೃಪ್ತಿಕರವಾಗಿರುವುದು. ಆದ್ದರಿಂದ ದ್ರವಗಳು ಚಲಿಸುವ ನಿಯಮಗಳನ್ನು ವಾಚಕರಿಗೆ ವಿವರಿಸುವುದರಲ್ಲಿ ನಮಗೇನೂ ಕಷ್ಟ ತೋರಲಿಲ್ಲ – ಏಕೆಂದರೆ ನೀರು ಹೇಗೆ ಚಲಿಸುವುದು ಎಂಬುದನ್ನು ಎಲ್ಲರೂ ಕಂಡಿದ್ದಾರೆ, ಮತ್ತು ಈ ಚಲನೆಗೆ ಅನ್ವಯಿಸುವ ನಿಯಮಗಳು ಅತ್ಯಂತ ಸ್ವಾಭಾವಿಕವಾಗಿಯೇ ಕಾಣುವುವು.

ಆದರೆ, ಬೇರೆ ಯಾವ ದ್ರವವನ್ನೂ ಹೋಲದ ಮತ್ತು ತನ್ನದೇ ಆದ ವಿಶಿಷ್ಟ ನಿಯಮಗಳನ್ನನುಸರಿಸಿ ಚಲಿಸುವ ಆಶ್ಚರ್ಯಕರವಾದ ದ್ರವ ಒಂದು ಇದೆ. ಅದು ದ್ರವರೂಪದ ಹೀಲಿಯಂ.

ದ್ರವರೂಪದ ಹೀಲಿಯಂ ಪರಮ ಶೂನ್ಯದ ಉಷ್ಣಾಂಶದವರೆಗೂ ದ್ರವಸ್ಥಿತಿಯಲ್ಲಿಯೇ ಇರುವುದೆಂಬುದನ್ನು ಆಗಲೇ ತಿಳಿಸಿದ್ದೇವೆ. ಆದರೆ, 2 K (ಹೆಚ್ಚು ನಿಖರವಾಗಿ 2.19 K)ಗೆ ಮೇಲಿನ ಹೀಲಿಯಂ ಮತ್ತು ಈ ಉಷ್ಣಾಂಶಕ್ಕೆ ಕೆಳಗಿನ ಹೀಲಿಯಂ ಇವೆರಡೂ ಪೂರ್ತಿ ಬೇರೆ ಬೇರೆಯಾಗಿರುವ ದ್ರವಗಳು. ಎರಡು ಡಿಗ್ರಿಗಳಿಗೆ ಮೇಲೆ, ಹೀಲಿಯಂನ ಗುಣಗಳು ಅದನ್ನು ಇತರ ದ್ರವಗಳಿಂದ ಬೇರೆಯಾಗಿ ತೋರಿಸುವುದಿಲ್ಲ. ಈ ಉಷ್ಣಾಂಶಕ್ಕಿಂತ ಕೆಳಗೆ, ಹೀಲಿಯಂ ಒಂದು ಅದ್ಭುತವಾದ ದ್ರವವಾಗಿ ವರ್ತಿಸುತ್ತದೆ. ಈ ಅದ್ಭುತ ದ್ರವಕ್ಕೆ ಹೀಲಿಯಂ II ಎಂದು ಹೆಸರು.

ಹೀಲಿಯಂ IIವಿನ ಅತ್ಯಂತ ಆಶ್ಚರ್ಯಕರವಾದ ಗುಣವು ಅದರ **ಅತಿತರಲತೆ** ಅಂದರೆ, 1938ರಲ್ಲಿ ಪಿ. ಎಲ್. ಕಾಪಿಟ್ಸ ಎಂಬಾತನು ಕಂಡುಹಿಡಿದ ಶ್ಯಾನತ್ವದ ಪೂರ್ತಿ ಅಭಾವ.

ಅತಿ ತರಲತೆಯನ್ನು ವೀಕ್ಷಿಸಲು ಒಂದು ಪಾತ್ರೆಯನ್ನು ಅದರ ತಳದಲ್ಲಿ ಅತಿ ನವುರಾದ ಸೀಳು – ಅರ್ಧ ಮೈಕ್ರೊಮೀಟರಷ್ಟೇ ಅಗಲವಿರುವಂತೆ – ಮಾಡಬೇಕು. ಸಾಮಾನ್ಯವಾದ ಒಂದು ದ್ರವವು ಇಂತಹ ಸೀಳಿನ ಮೂಲಕ ಜಿನುಗುವುದೇ ಇಲ್ಲ: ಹೀಲಿಯಂ ಕೂಡ 2·19 Kಗೆ ಹೆಚ್ಚಿನ ಉಷ್ಣಾಂಶದಲ್ಲಿ ಇದೇ ರೀತಿಯಲ್ಲಿಯೇ ವರ್ತಿಸುತ್ತದೆ. ಆದರೆ ಉಷ್ಣಾಂಶವು 2.19 K ಗಿಂತ ಸ್ವಲ್ಪವೇ ಕಡಿಮೆಯಾದ ಕೂಡಲೇ ಪಾತ್ರೆಯಿಂದ ಹೀಲಿಯಂ ಹೊರಕ್ಕೆ ಹರಿಯುವ ವೇಗವು ಹಾರಿ ಹಾರಿ ಹೆಚ್ಚುತ್ತದೆ – ಸುಮಾರು ಹಲವು ಸಾವಿರ ಸಲಗಳಷ್ಟಾದರೂ ಹೆಚ್ಚಾಗಿ. ಹೀಲಿಯಂ II ಅತ್ಯಂತ ಕಿರಿದಾದ ಸಂದುಗಳ ಮೂಲಕವೂ ಕ್ಷಣ ಮಾತ್ರದಲ್ಲಿ ಹರಿದುಹೋಗುತ್ತದೆ, ಅಂದರೆ ಅದು ತನ್ನ ಶ್ಯಾನತ್ವವನ್ನು ಪೂರ್ತಿಯಾಗಿ ಕಳೆದುಕೊಳ್ಳುತ್ತದೆ. ಹೀಲಿಯಂನ ಅತಿ ತರಲತೆಯ ಫಲವಾಗಿ ಇನ್ನೂ ಹೆಚ್ಚು ವಿಚಿತ್ರವಾದ ಸಂಭವ ಒಂದು ಏರ್ಪಡುವುದು. ಹೀಲಿಯಂ II, ಅದನ್ನು ಸುರಿದಿರುವ ಲೋಟ ಅಥವಾ ಪರೀಕ್ಷಾ ನಾಳಿಕೆಯೊಳಗಿಂದ "ಹೊರಕ್ಕೆ ಹತ್ತಿಬರುವ" ಶಕ್ತಿಯುಳ್ಳದ್ದಾಗಿರುವುದು. ಹೀಲಿಯಂ II ಇರುವ ಒಂದು ಪರೀಕ್ಷಾ ನಾಳಿಕೆಯನ್ನು ಹೀಲಿಯಂ ಕುಂಡ ಒಂದರ ಮೇಲೆ ಒಂದು ಡೀವಾರ್ ಪಾತ್ರೆಯಲ್ಲಿಡಬೇಕು. "ಕಾರಣ ಹೂರಣ ಒಂದು–ಇಲ್ಲದೆಯೇ" ಹೀಲಿಯಂ ನಾಳಿಕೆಯ ಗೋಡೆಯ ಮೇಲೆ ಬಹಳ ನವುರಾಗಿಯೂ, ಕಣ್ಣಿಗೆ ಕಾಣಿಸದೆಯೂ ಇರುವ ಪೊರೆಯ ರೂಪದಲ್ಲಿ ಏರುತ್ತದೆ ಮತ್ತು ಹೊರಕ್ಕೆ ಸುರಿಯುತ್ತದೆ: ಪರೀಕ್ಷಾ ನಾಳಿಕೆಯ ತಳದಿಂದ ಹನಿಗಳು ಬೀಳುತ್ತವೆ.

ಪುಟ 61ರಲ್ಲಿ ಚರ್ಚಿಸಿರುವ ಲೋಮನಾಳ ಬಲಗಳ ಕಾರಣದಿಂದ, ಪಾತ್ರೆಯ ಪಕ್ಕವನ್ನು ತೇವಮಾಡುವ ದ್ರವದ ಅಣುಗಳು ಈ ಪಕ್ಕದಮೇಲೆ ಹತ್ತುತ್ತವೆ ಮತ್ತು ಅವರ ಮೇಲೆ ಸುಮಾರು $10^{-6}$ ಸೆಂ.ಮೀ. ಅಗಲದ ಅತಿ ನವುರಾದ ಪೊರೆಯನ್ನು ಕಟ್ಟುತ್ತವೆ. ಈ ಪೊರೆಯನ್ನು ಕಣ್ಣಿಂದ ಕಾಣಲಾಗುವುದಿಲ್ಲ ಮತ್ತು

ಸಾಮಾನ್ಯವಾದ ಒಂದು ಶ್ಯಾನ ದ್ರವದಲ್ಲಿ ಇದು ಯಾವ ರೀತಿಯಲ್ಲಿಯೂ ಕಾಣಿಸಿಕೊಳ್ಳುವುದಿಲ್ಲ.

ಶ್ಯಾನತ್ವವಿಲ್ಲದಿರುವ ಹೀಲಿಯಂ ಸಂಬಂಧದ ವ್ಯವಹಾರದಲ್ಲಿ ಚಿತ್ರವು ಪೂರ್ತಿಯಾಗಿ ಮಾರ್ಪಡುತ್ತದೆ. ವಾಸ್ತವವಾಗಿ, ಅತಿ ಸಣ್ಣದಾದ ಸೀಳು ಅತಿ ತರಲತೆಯ ಹೀಲಿಯಂನ ಚಲನೆಗೆ ಏನೂ ಅಡ್ಡಿ ನೀಡುವುದಿಲ್ಲ ಮತ್ತು ಒಂದು ಮೇಲ್ಮೈ ಮೇಲಿನ ತೆಳುವಾದ ಪೊರೆಯು ಒಂದು ಸಣ್ಣದಾದ ಸೀಳಿನಂತೆಯೇ ಆಗುವುದು. ಮೇಲ್ಮೈ ಮುಚ್ಚಿರುವ ಪೊರೆಯು ಲೋಟ ಅಥವಾ ಪರೀಕ್ಷಾ ನಾಳಿಕೆಯ ಅಂಚಿನ ಮೇಲೆ ಒಂದು ಇಳಿಗೊಳವೆಯಾಗುತ್ತದೆ, ಇದರ ಮೂಲಕ ಹೀಲಿಯಂ ಪಾತ್ರೆಯಿಂದ ಹೊರಕ್ಕೆ ಹರಿದು ಚೆಲ್ಲುತ್ತದೆ.

ಸಾಮಾನ್ಯ ದ್ರವದ ವರ್ತನೆಯಲ್ಲಿ ಇಂತಹದು ಯಾವುದನ್ನೂ ಕಾಣಲಾಗುವುದಿಲ್ಲ ಎಂಬುದು ಸ್ಪಷ್ಟ. ಪ್ರಮಾಣಭೂತ ಶ್ಯಾನತ್ವವಿರುವ ಒಂದು ದ್ರವವು ಗಮನಾರ್ಹವಲ್ಲದಷ್ಟು ದಪ್ಪವಾದ ಇಳಿಗೊಳವೆಯ ಮೂಲಕ "ಮುಂದು ಸರಿಯಲು" ಶಕ್ತವಾಗಿಲ್ಲ. ಇಂತಹ ಚಲನೆಯು ಎಷ್ಟು ನಿಧಾನವಾಗಿ ಮುಂದುವರಿಯುವುದೆಂದರೆ, ಹೊರಕ್ಕೆ ಹರಿಯುವುದು ಲಕ್ಷಾಂತರ ವರ್ಷಗಳ ಕಾಲ ನಡೆಯುತ್ತಿರುವುದು.

ಹೀಗಾಗಿ ಹೀಲಿಯಂ IIರಲ್ಲಿ ಶ್ಯಾನತ್ವವೇ ಇಲ್ಲ. ಇಂತಹ ದ್ರವದಲ್ಲಿ ಒಂದು ಗಟ್ಟಿ ಕಾಯವು ಘರ್ಷಣೆ ಇಲ್ಲದೆ ಚಲಿಸಬೇಕೆಂಬುದು ತಾರ್ಕಿಕವಾಗಿ ಅನಿವಾರ್ಯ ಪರಿಣಾಮವೆಂದು ಕಾಣಬಹುದು. ದಾರ ಕಟ್ಟಿರುವ ಒಂದು ಬಿಲ್ಲೆಯನ್ನು ತೆಗೆದುಕೊಂಡು ಅದನ್ನು ಹೀಲಿಯಂ II ದ್ರವದಲ್ಲಿಟ್ಟು, ದಾರವನ್ನು ತಿರುಚಿ. ಈ ತೊಡಕಿಲ್ಲದ ಸಲಕರಣೆಯನ್ನು ಸುಮ್ಮನೆಬಿಟ್ಟರೆ, ನಾವು ಲೋಲಕದಂತಹುದ ಒಂದನ್ನು ರಚಿಸುತ್ತೇವೆ -- ದಾರವು ಬಿಲ್ಲೆಯೊಡನೆ ಆಂದೋಲನ ಮಾಡುತ್ತದೆ ಮತ್ತು ಒಂದು ಸಲ ಒಂದು ಕಡೆಗೂ ಮತ್ತೊಂದು ಸಲ ಇನ್ನೊಂದು ಕಡೆಗೂ ಪುನರಾವರ್ತಿಯಾಗಿ ತಿರುಚುತ್ತದೆ. ಘರ್ಷಣೆ ಇಲ್ಲದಿದ್ದ ಪಕ್ಷದಲ್ಲಿ, ಬಿಲ್ಲೆಯು ನಿರಂತರವಾಗಿ ಆಂದೋಲನ ಮಾಡುತ್ತಿರಬೇಕೆಂದು ನಿರೀಕ್ಷಿಸಬೇಕು. ಹಾಗೇನೂ ಆಗುವುದಿಲ್ಲ! ಸ್ವಲ್ಪ ಕಾಲದ ನಂತರವೇ, ಸಾಮಾನ್ಯ ಹೀಲಿಯಂ Iಕ್ಕೆ (ಅಂದರೆ 2.19 K ಮೇಲಿನ ಉಷ್ಣಾಂಶದ ಹೀಲಿಯಂ) ಒದಗುವಷ್ಟೇ ಕಾಲದ ನಂತರ ಬಿಲ್ಲೆಯು ನಿಂತುಹೋಗುತ್ತದೆ. ಇದು

ಹೇಗೆ ಸಂಭವಿಸುವುದು ? ಸೀಳಿನ ಮೂಲಕ ಹರಿಯುವಾಗ ಹೀಲಿಯಂ ಶ್ಯಾನತ್ವವಿಲ್ಲದ ದ್ರವದಂತೆ ವರ್ತಿಸುತ್ತದೆ, ಆದರೆ ತನ್ನಲ್ಲಿ ಚಲಿಸುತ್ತಿರುವ ಕಾಯಗಳ ಸಂಬಂಧದಲ್ಲಿ ಸಾಮಾನ್ಯವಾದ ಶ್ಯಾನ ದ್ರವದಂತೆ ವರ್ತಿಸುತ್ತದೆ. ನಿಜವಾಗಿಯೂ ಇದು ಪೂರ್ತಿಯಾಗಿ ಅಸಾಧಾರಣವೂ ಮತ್ತು ಅರ್ಥಮಾಡಿಕೊಳ್ಳಲಸದಳವೂ ಆದ ವಿದ್ಯಮಾನ.

ಹೀಲಿಯಂ ಪರಮ ಶೂನ್ಯದವರೆಗೂ ಗಟ್ಟಿಯಾಗುವುದಿಲ್ಲವೆಂಬುದನ್ನು ಈಗ ನಾವು ನೆನಪು ಮಾಡಿಕೊಳ್ಳುವುದು ಉಳಿದಿದೆ. ಸಮಸ್ಯೆಯ ಕ್ಲಿಷ್ಟ ಅಂಶವೇನೆಂದರೆ ನಮಗೆ ರೂಢಿಯಾಗಿರುವ ಚಲನೆಯ ಸಂಬಂಧದ ಭಾವನೆಗಳು ಇದಕ್ಕೆ ಅನ್ವಯವಾಗುವುದೇ ಇಲ್ಲ. ಹೀಲಿಯಂ "ಅಕ್ರಮವಾಗಿ" ದ್ರವರೂಪದಲ್ಲಿದ್ದರೆ, ಆ ದ್ರವದ ಅಕ್ರಮ ಚರ್ಯೆಯ ಬಗ್ಗೆ ನಾವು ಆಶ್ಚರ್ಯಪಡಬೇಕೆ ?

ದ್ರವರೂಪದ ಹೀಲಿಯಂನ ಚರ್ಯೆಯನ್ನು ಅರ್ಥಮಾಡಿಕೊಳ್ಳುವುದು ಚಲನೆಯ ಸಂಬಂಧದಲ್ಲಿ ಹೊಸ ಭಾವನೆಗಳ, ಅಂದರೆ ಕ್ವಾಂಟಂ ಚಲನಶಾಸ್ತ್ರದ, ದೃಷ್ಟಿಕೋನದಿಂದ ಮಾತ್ರ ಸಾಧ್ಯ. ದ್ರವರೂಪದ ಹೀಲಿಯಂನ ಚರ್ಯೆಗೆ ಕ್ವಾಂಟಂ ಚಲನಶಾಸ್ತ್ರವು ಹೇಗೆ ವಿವರಣೆ ಕೊಡುವುದೆಂಬುದರ ವಿಚಾರವಾಗಿ ಒಂದು ಸ್ಥೂಲ ಭಾವವನ್ನು ಕೊಡಲು ಪ್ರಯತ್ನಿಸುತ್ತೇವೆ.

ಅರ್ಥಮಾಡಿಕೊಳ್ಳಲು ಬಹಳ ಕಷ್ಟಸಾಧ್ಯವಾದ, ಅತ್ಯಂತ ತೊಡಕಿನ ಸಿದ್ಧಾಂತ ಕ್ವಾಂಟಂ ಚಲನಶಾಸ್ತ್ರ. ಆದ್ದರಿಂದ ನಾವು ಕೊಡಲಿರುವ ವಿವರಣೆಯೋ ವಿದ್ಯಮಾನಗಳಿಗಿಂತ ವಿಚಿತ್ರವಾಗಿರುವಂತೆ ಕಂಡರೆ ವಾಚಕರು ಆಶ್ಚರ್ಯಪಡಕೂಡದು. ಇದರಿಂದ ತಿಳಿದುಬರುವುದೇನೆಂದರೆ, ದ್ರವರೂಪದ ಹೀಲಿಯಂನ ಪ್ರತಿ ಒಂದು ಕಣವೂ ಒಂದೇ ಕಾಲದಲ್ಲಿ ಎರಡು ಚಲನೆಗಳಲ್ಲಿ ಭಾಗವಹಿಸುತ್ತದೆ: ಒಂದು ಚಲನೆಯು ಶ್ಯಾನತ್ವಕ್ಕೆ ಸಂಬಂಧಪಡದ ಅತಿತರಲವಾದದ್ದು, ಮತ್ತೊಂದು ಸಾಧಾರಣ ರೀತಿಯದು.

ಹೀಲಿಯಂ II ದ್ರವವು "ಒಂದರ ಮೂಲಕ ಮತ್ತೊಂದು" ಪೂರ್ಣ ಸ್ವತಂತ್ರವಾಗಿ ಚಲಿಸುವ ಎರಡು ದ್ರವಗಳ ಮಿಶ್ರಣವಾಗಿರುವಂತೆ ವರ್ತಿಸುವುದು. ಒಂದು

ದ್ರವವು ಸಾಮಾನ್ಯ ರೀತಿಯಲ್ಲಿ ವರ್ತಿಸುತ್ತದೆ, ಅಂದರೆ ಸಾಧಾರಣ ಶ್ಯಾನತ್ವವುಳ್ಳದ್ದಾಗಿರುತ್ತದೆ, ಆದರೆ ಇನ್ನೊಂದು ಭಾಗವು ಅತಿತರಲವಾಗಿರುವುದು.

ಹೀಲಿಯಂ ಒಂದು ಸೀಳಿನ ಮೂಲಕ ಹರಿದು ಹೋದಾಗಲೂ ಅಥವಾ ಒಂದು ಲೋಟದಿಂದ ಉಕ್ಕಿ ಹರಿದಾಗಲೂ ನಾವು ಅತಿತರಲತೆಯ ಪ್ರಭಾವವನ್ನು ಕಾಣುತ್ತೇವೆ. ಆದರೆ ಹೀಲಿಯಂನಲ್ಲಿ ಮುಳುಗಿರುವ ಬಿಲ್ಲೆ ಒಂದರ ಆಂದೋಲನ ಕಾಲದಲ್ಲಿ ಘರ್ಷಣೆಯು ಏರ್ಪಡುವುದು ಏಕೆಂದರೆ ಹೀಲಿಯಂನ ಸಾಧಾರಣ ಭಾಗದಲ್ಲಿ ಇದು ಅನಿವಾರ್ಯ.

ಎರಡು ಬೇರೆ ಬೇರೆ ಜಾತಿಯ ಚಲನೆಗಳಲ್ಲಿ ಭಾಗವಹಿಸುವ ಶಕ್ತಿಯ ಪರಿಣಾಮವಾಗಿ ಹೀಲಿಯಂನಲ್ಲಿ ಕೆಲವು ಪೂರ್ತಿ ಅಸಾಧಾರಣವಾದ ಉಷ್ಣವಾಹಕ ಗುಣಗಳುಂಟಾಗುತ್ತವೆ. ಆಗಲೇ ಹೇಳಿರುವಂತೆ, ಸಾಮಾನ್ಯವಾಗಿ ದ್ರವಗಳ ಉಷ್ಣವಾಹಕ ಶಕ್ತಿಯು ಅಲ್ಪಮಟ್ಟದ್ದು. ಹೀಲಿಯಂ I ಕೂಡ ಸಾಧಾರಣ ದ್ರವದಂತೆಯೇ ವರ್ತಿಸುವುದು. ಆದರೆ ಹೀಲಿಯಂ II ಆಗಿ ಪರಿವರ್ತಿತವಾದಾಗ, ಅದರ ಉಷ್ಣವಾಹಕ ಶಕ್ತಿಯು ನೂರು ಕೋಟಿ ಸಲಗಳಷ್ಟು ಹೆಚ್ಚುವುದು. ಆದ್ದರಿಂದ, ಸಾಧಾರಣವಾಗಿ ಅತ್ಯಂತ ಉತ್ತಮ ಉಷ್ಣವಾಹಕಗಳಾದ ತಾಮ್ರ ಮತ್ತು ಬೆಳ್ಳಿ ಇವುಗಳಿಗಿಂತ ಹೀಲಿಯಂ II ಹೆಚ್ಚು ಶ್ರೇಷ್ಠ ಉಷ್ಣವಾಹಕವಾಗಿರುವುದು.

ಇಲ್ಲಿ ವಿಷಯವೇನೆಂದರೆ, ಹೀಲಿಯಂನ ಅತಿತರಲ ಚಲನೆಯು ಉಷ್ಣದ ಸ್ಥಳಾಂತರದಲ್ಲಿ ಭಾಗವಹಿಸುವುದಿಲ್ಲ. ಈ ಕಾರಣದಿಂದಾಗಿ, ಹೀಲಿಯಂ IIರಲ್ಲಿ ಉಷ್ಣಾಂಶದ ವ್ಯತ್ಯಾಸವೇರ್ಪಟ್ಟಾಗ, ಒಂದಕ್ಕೊಂದು ವ್ಯತಿರಿಕ್ತ ದಿಕ್ಕಿನ ಎರಡು ಪ್ರವಾಹಗಳೇರ್ಪಡುವುವು ಮತ್ತು ಇವುಗಳಲ್ಲಿ ಒಂದು – ಸಾಧಾರಣ ಜಾತಿಯದು – ತನ್ನೊಡನೆ ಉಷ್ಣವನ್ನು ಸಾಗಿಸುತ್ತದೆ. ಇದು ಸಾಧಾರಣವಾದ ಉಷ್ಣವಾಹಕತೆಯನ್ನು ಹೋಲುವುದೇ ಇಲ್ಲ. ಸಾಧಾರಣ ದ್ರವ ಒಂದರಲ್ಲಿ, ಉಷ್ಣದ ಸ್ಥಳಾಂತರವು ಅಣುಗಳ ಘರ್ಷಣೆಗಳ ಮೂಲಕ ಏರ್ಪಡುವುದು. ಹೀಲಿಯಂ IIರಲ್ಲಿ ಉಷ್ಣವು ಹೀಲಿಯಂನ ಸಾಧಾರಣ ಭಾಗದೊಡನೆ ಹರಿಯುತ್ತದೆ – ಒಂದು ದ್ರವದಂತೆ ಪ್ರವಹಿಸುತ್ತದೆ – ಇದೀಗ "ಉಷ್ಣದ ಪ್ರವಾಹ" ಎಂಬ ಪದವನ್ನು ಸಾರ್ಥಕ

ಗೊಳಿಸುತ್ತದೆ. ಈ ವಿಧದ ಉಷ್ಣದ ಸ್ಥಳಾಂತರದ ಕಾರಣದಿಂದಲೇ ಅತ್ಯಂತ ಹೆಚ್ಚು ಪ್ರಮಾಣದ ಉಷ್ಣವಾಹಕತ್ವ ಶಕ್ತಿ ಉಂಟಾಗುವುದು.

ಹೀಲಿಯಂನ ಉಷ್ಣವಾಹಕತ್ವದ ಈ ವಿವರಣೆಯು ಎಷ್ಟು ವಿಚಿತ್ರವಾಗಿರುವುದೆಂದರೆ ನೀವು ಅದನ್ನು ನಂಬಲಾರಿರಿ. ಆದರೆ ಮುಂದೆ ಹೇಳುವ ಒಂದು ಭಾವನಾತ್ಮಕ ಪ್ರಯೋಗದ ಸಹಾಯದಿಂದ ಮೇಲೆ ಹೇಳಿರುವುದರ ಸತ್ಯತೆಯನ್ನು ನೀವೇ ಮನಗಾಣಬಹುದು.

ದ್ರವರೂಪದ ಹೀಲಿಯಂ ಇರುವ ಒಂದು ತೊಟ್ಟಿಯಲ್ಲಿ ಮೇಲಂಚಿನವರೆಗೂ ಹೀಲಿಯಂ ತುಂಬಿರುವ ಒಂದು ಡೀವಾರ್ ಪಾತ್ರೆ ಇದೆ. ಪಾತ್ರೆಯನ್ನು ತೊಟ್ಟಿಗೆ ಒಂದು ಲೋಮನಾಳಿಕೆಯ ತುಂಡಿನಿಂದ ಕೂಡಿಸಿದೆ. ಪಾತ್ರೆಯಲ್ಲಿರುವ ಹೀಲಿಯಂಅನ್ನು ಒಂದು ವಿದ್ಯುತ್ ಸುರುಳಿಯ ಮೂಲಕ ಬಿಸಿ ಮಾಡಲಾಗುವುದು. ಆದರೆ ಪಾತ್ರೆಯ ಪಕ್ಕಗಳ ಮೂಲಕ ಸುತ್ತ ಇರುವ ಹೀಲಿಯಂಗೆ ಉಷ್ಣವು ಸಾಗುವುದಿಲ್ಲ. ಏಕೆಂದರೆ ಅವು ಉಷ್ಣವನ್ನು ಸಾಗಗೊಡುವುದಿಲ್ಲ. ಲೋಮನಾಳದ ತುದಿಯಲ್ಲಿ ಒಂದು ತೆಳುವಾದ ದಾರದಿಂದ ತೂಗುಹಾಕಿರುವ ಫಲಕ ಇದೆ. ಉಷ್ಣವು ದ್ರವದಂತೆ ಪ್ರವಹಿಸುತ್ತಿದ್ದರೆ ಅದು ಫಲಕವನ್ನು ತಿರುಗಿಸಬೇಕು. ಸಂಭವಿಸುವ ವಿದ್ಯಮಾನವು ಖಚಿತವಾಗಿಯೂ ಹೀಗೆಯೇ ಇರುವುದು. ಅದೂ ಅಲ್ಲದೆ. ಪಾತ್ರೆಯಲ್ಲಿ ಇರುವ ನೀರಿನ ಮೊತ್ತವು ವ್ಯತ್ಯಾಸವಾಗುವುದಿಲ್ಲ. ಈ ಆಶ್ಚರ್ಯಕರವಾದ ವಿದ್ಯಮಾನಕ್ಕೆ ಹೇಗೆ ವಿವರಣೆ ಕೊಡಬಹುದು ? ಅದಕ್ಕೆ ಒಂದೇ ಒಂದು ದಾರಿಯಿದೆ. ಬಿಸಿ ಮಾಡುವ ಕಾಲದಲ್ಲಿ ಬಿಸಿಯಾಗಿರುವ ಸ್ಥಳದಿಂದ ತಣ್ಣಗಿರುವ ಸ್ಥಳಕ್ಕೆ ಹರಿಯುವ ದ್ರವದ ಸಾಧಾರಣ ಭಾಗದ ಪ್ರವಾಹ ಒಂದು ಮತ್ತು ಇದಕ್ಕೆ ವಿರುದ್ಧ ದಿಕ್ಕಿನಲ್ಲಿ ದ್ರವದ ಅತಿತರಲ ಭಾಗದ ಪ್ರವಾಹ ಇನ್ನೊಂದು ಏರ್ಪಡುವವು. ಪ್ರತಿ ಒಂದು ಬಿಂದುವಿನಲ್ಲಿಯೂ ಇರುವ ಹೀಲಿಯಂನ ಮೊತ್ತವು ವ್ಯತ್ಯಾಸವಾಗುವುದಿಲ್ಲ. ಆದರೆ ದ್ರವದ ಸಾಧಾರಣ ಭಾಗವು ಉಷ್ಣದ ಪ್ರವಾಹದ ಜೊತೆಯಲ್ಲಿಯೇ ಚಲಿಸುವುದರಿಂದ. ಈ ಭಾಗದ ಶ್ಯಾನತ್ವದ ಕಾರಣದಿಂದ ಫಲಕವು ತಿರುಗುತ್ತದೆ ಮತ್ತು ಬಿಸಿ ಮಾಡುವುದು ಮುಂದುವರಿಯುತ್ತಿರುವವರೆಗೂ ಓರೆಯಾಗಿಯೇ ಇರುತ್ತದೆ.

ಅತಿತರಲ ಚಲನೆಯು ಉಷ್ಣವನ್ನು ಸಾಗಿಸುವುದಿಲ್ಲ ಎಂಬ ವಿಷಯದಿಂದ

ಇನ್ನೂ ಒಂದು ತೀರ್ಮಾನವು ಸಿದ್ಧಿಸುತ್ತದೆ. ಮೇಲೆ ನಾವು ಒಂದು ಲೋಟದ ಅಂಚಿನಿಂದ ಹೀಲಿಯಂ "ತೆವಳಿಕೊಂಡು ಚಲಿಸುವುದರ" ವಿಚಾರವಾಗಿ ಹೇಳಿದ್ದೇವೆ. ಆದರೆ ಅತಿತರಲ ಭಾಗವು ಲೋಟದಿಂದ "ಹೊರಕ್ಕೆ ಹತ್ತಿ ಹೋಗುವುದು", ಸಾಧಾರಣ ಭಾಗವು ಇದ್ದಲ್ಲಿಯೇ ಇರುತ್ತದೆ. ಉಷ್ಣವು ಹೀಲಿಯಂನ ಸಾಧಾರಣ ಭಾಗಕ್ಕೆ ಮಾತ್ರ ಸೇರಿಕೆಯಾಗಿರುವುದು ಮತ್ತು ಲೋಟದಿಂದ ಹೊರಕ್ಕೆ ಹತ್ತಿ ಹೋಗುತ್ತಿರುವ ಅತಿತರಲ ಭಾಗದೊಡನೆ ಹೋಗುವುದಿಲ್ಲ. ಆದ್ದರಿಂದ, ಹೀಲಿಯಂ ಪಾತ್ರೆಯಿಂದ ಹೊರಕ್ಕೆ ಹತ್ತಿ ಹೋದಂತೆಲ್ಲಾ, ಒಂದೇ ಮೊತ್ತದ ಉಷ್ಣವು ಹೀಲಿಯಂನ ಕಡಿಮೆ ಕಡಿಮೆ ಮೊತ್ತದಲ್ಲಿ ವಿನಿಮಯವಾಗುತ್ತದೆ – ಪಾತ್ರೆಯಲ್ಲಿ ಉಳಿಯುವ ಹೀಲಿಯಂ ಬಿಸಿಯಾಗಬೇಕು. ಪ್ರಯೋಗಗಳಲ್ಲಿ ಇದನ್ನು ವಾಸ್ತವವಾಗಿಯೂ ಕಾಣಲಾಗಿದೆ.

ಅತಿತರಲ ಮತ್ತು ಸಾಧಾರಣ ಚಲನೆಯಲ್ಲಿ ಭಾಗವಹಿಸುವ ಹೀಲಿಯಂನ ದ್ರವ್ಯಾಂಶಗಳು ಒಂದೇ ಆಗಿರುವುದಿಲ್ಲ. ಅವುಗಳ ಅನುಪಾತವು ಉಷ್ಣಾಂಶವನ್ನು ಅವಲಂಬಿಸಿರುತ್ತದೆ. ಉಷ್ಣಾಂಶವು ಕಡಿಮೆಯಾಗಿದ್ದಷ್ಟೂ ಅತಿತರಲ ಭಾಗವು ಅಷ್ಟು ಹೆಚ್ಚಾಗಿರುವುದು. ಪರಮ ಶೂನ್ಯದಲ್ಲಿ ಹೀಲಿಯಂ ಎಲ್ಲಾ ಪೂರ್ತಿಯಾಗಿ ಅತಿತರಲವಾಗುವುದು. ಉಷ್ಣಾಂಶವು ಹೆಚ್ಚಾದಂತೆಲ್ಲಾ, ಹೀಲಿಯಂನ ಹೆಚ್ಚು ಹೆಚ್ಚು ಭಾಗವು ಸಾಧಾರಣ ರೀತಿಯಲ್ಲಿ ವರ್ತಿಸಲು ಆರಂಭಿಸುತ್ತದೆ ಮತ್ತು 2.19 K ಉಷ್ಣಾಂಶದಲ್ಲಿ ಹೀಲಿಯಂ ಎಲ್ಲಾ ಪೂರ್ತಿಯಾಗಿ, ಸಾಧಾರಣ ದ್ರವದ ಗುಣಗಳನ್ನು ಹೊಂದಿ, ಸಾಧಾರಣ ರೀತಿಯದಾಗುತ್ತದೆ.

ಆದರೆ ವಾಚಕನ ಮನಸ್ಸಿನಲ್ಲಿ ಕೆಲವು ಪ್ರಶ್ನೆಗಳು ಆಗಲೇ ಇದ್ದಿರಬೇಕು : ಅತಿತರಲ ಹೀಲಿಯಂ ಎಂದರೆ ಖಚಿತವಾಗಿ ಏನು ? ಒಂದು ದ್ರವದ ಕಣವು ಒಂದೇ ಕಾಲದಲ್ಲಿ ಎರಡು ಚಲನೆಗಳಲ್ಲಿ ಹೇಗೆ ಭಾಗವಹಿಸಬಲ್ಲುದು ? ಮತ್ತು ಒಂದೇ ಒಂದು ಕಣದ ಎರಡು ಚಲನೆಗಳನ್ನು ಹೇಗೆ ವಿವರಿಸಬಹುದು?...... ದುರದೃಷ್ಟವಶದಿಂದ, ನಾವು ಈ ಪ್ರಶ್ನೆಗಳಿಗೆಲ್ಲಾ ಉತ್ತರ ಕೊಡದೆ ಬಿಡಬೇಕಾಗಿದೆ.

ಹೀಲಿಯಂ IIರ ತತ್ವನಿರೂಪಣೆಯು ಅತ್ಯಂತ ಗಹನವಾದುದು ಮತ್ತು ಅದನ್ನು ಅರ್ಥಮಾಡಿಕೊಳ್ಳಲು ಇನ್ನೂ ಬಹಳ ಹೆಚ್ಚು ವಿಷಯಗಳನ್ನು ತಿಳಿದಿರಬೇಕು.

## ನಮ್ಯತೆ

**ಸ್ಥಿತಿಸ್ಥಾಪಕತ್ವ** ಎಂದರೆ ಒಂದು ಕಾಯವು ಅದರ ಮೇಲೆ ಆಗಿರುವ ಬಲ ಪ್ರಯೋಗವು ನಿಂತಕೂಡಲೆ ತನ್ನ ಆಕೃತಿಯನ್ನು ಪುನಃ ಪಡೆದುಕೊಳ್ಳುವ ಶಕ್ತಿ. 1 ಮೀ. ಉದ್ದ ಮತ್ತು 1 ಮಿ.ಮೀ$^2$ ಅಡ್ಡಕೊಯ್ತದ ಸಲಿಷ್ಟಳ್ಳ ಉಕ್ಕಿನ ತಂತಿಯಿಂದ ಒಂದು ಕಿಲೋಗ್ರಾಂ ಭಾರವನ್ನು ತೂಗುಹಾಕಿದರೆ, ತಂತಿಯು ಹಿಗ್ಗುತ್ತದೆ. ಹಿಗ್ಗುವ ಪ್ರಮಾಣವು ಸ್ವಲ್ಪವೇ, ಒಟ್ಟಿನಲ್ಲಿ 0.5 ಮಿ.ಮೀ ಮಾತ್ರ, ಆದರೆ ಅದನ್ನು ಕಾಣುವುದು ಏನೂ ಕಷ್ಟವಲ್ಲ. ಭಾರವನ್ನು ತೆಗೆದರೆ, ತಂತಿಯು ಅದೇ 0.5 ಮಿ.ಮೀ.ಗಳಷ್ಟು ಸಂಕುಚಿತವಾಗುತ್ತದೆ ಮತ್ತು ಅದರ ಉದ್ದವು ಮೊದಲಿದ್ದ ಪರಿಮಾಣಕ್ಕೇ ಹಿಂತಿರುಗುತ್ತದೆ. ಇಂತಹ ರೂಪವಿಕೃತಿಯನ್ನು **ಸ್ಥಿತಿಸ್ಥಾಪಕ** ಎಂದು ಕರೆಯುವರು.

ಇಲ್ಲಿ ನಾವು ಗಮನಿಸಬೇಕಾದುದೇನೆಂದರೆ, 1 ಕಿ.ಗ್ರಾಂ.ಬ. ಬಲದ ಪ್ರಯೋಗಕ್ಕೆ ಒಳಗಾದ 1 ಮಿ.ಮೀ$^2$ ಅಡ್ಡಕೊಯ್ತವಿರುವ ಒಂದು ತಂತಿಯೂ ಮತ್ತು 100 ಕಿ.ಗ್ರಾ.ಬ. ಬಲದ ಪ್ರಯೋಗಕ್ಕೆ ಒಳಗಾದ 1 ಸೆಂ.ಮೀ$^2$ ಅಡ್ಡಕೊಯ್ತವಿರುವ ತಂತಿಯೂ ಒಂದೇ ಆದ ಯಾಂತ್ರಿಕ ಪ್ರತಿಬಲ ಪರಿಸ್ಥಿತಿಗಳಲ್ಲಿವೆ ಎಂದು ಹೇಳುತ್ತೇವೆಂಬುದನ್ನು. ಆದ್ದರಿಂದ ಒಂದು ಪದಾರ್ಥದ ವರ್ತನೆಯನ್ನು ವರ್ಣಿಸಲು ನಿರ್ದೇಶಿಸಬೇಕಾದುದು ಬಲವಲ್ಲ (ಕಾಯದ ಅಡ್ಡಕೊಯ್ತವು ಗೊತ್ತಿಲ್ಲದಿದ್ದರೆ ಇದು ಅರ್ಥವಿಲ್ಲದುದಾಗುವುದು), ಪ್ರತಿಬಲ, ಅಂದರೆ ಕ್ಷೇತ್ರಫಲದ ಏಕಮಾನ ಒಂದರ ಮೇಲೆ ಪ್ರಯೋಗವಾಗಿರುವ ಬಲ. ಸಾಧಾರಣ ವಸ್ತುಗಳನ್ನು – ಲೋಹಗಳು, ಗಾಜು, ಕಲ್ಲುಗಳು – ಅತಿ ಹೆಚ್ಚು ಅಂದರೆ ಕೇವಲ ಹಲವೇ ಪ್ರತಿಶತಗಳಷ್ಟು ಸ್ಥಿತಿಸ್ಥಾಪಕವಾಗಿ ಹಿಗ್ಗಿಸಬಹುದು. ರಬ್ಬರು ಎದ್ದುಕಾಣುವ ಸ್ಥಿತಿಸ್ಥಾಪಕ ಗುಣಗಳನ್ನು ಹೊಂದಿದೆ. ರಬ್ಬರನ್ನು ನೂರಾರು ಪ್ರತಿಶತಗಳಷ್ಟು ಸ್ಥಿತಿಸ್ಥಾಪಕವಾಗಿ ಹಿಗ್ಗಿಸಬಹುದು (ಅಂದರೆ ಮೊದಲು ಇದ್ದುದಕ್ಕಿಂತ ಎರಡು ಅಥವಾ ಮೂರ

ರಷ್ಟು ಉದ್ದವಾಗುವಂತೆ ಮಾಡಬಹುದು) ಮತ್ತು ಇಂತಹ ರಬ್ಬರು ಪಟ್ಟಿಯನ್ನು ಬಿಟ್ಟುಬಿಟ್ಟರೆ ಅದು ತನ್ನ ಮೊದಲಿನ ಸ್ಥಿತಿಗೆ ಹಿಂತಿರುಗುವುದನ್ನು ನೋಡುತ್ತೇವೆ.

ಎಲ್ಲಾ ಕಾಯಗಳೂ, ವಿನಾಯತಿ ಇಲ್ಲದೆ, ಸಣ್ಣ ಬಲಗಳ ಪ್ರಯೋಗಕ್ಕೆ ಒಳಪಟ್ಟಾಗ ಸ್ಥಿತಿಸ್ಥಾಪಕವಾಗಿ ವರ್ತಿಸುವುವು. ಆದರೆ, ಸ್ಥಿತಿಸ್ಥಾಪಕತೆಯ ಒಂದು ಪರಿಮಿತಿಯು ಕೆಲವು ಕಾಯಗಳಿಗೆ ಶೀಘ್ರದಲ್ಲಿಯೂ ಮತ್ತು ಇತರ ಕೆಲವು ಕಾಯಗಳಿಗೆ ಬಹಳ ವಿಳಂಬವಾಗಿಯೂ ತಲೆದೋರುವುದು. ಉದಾಹರಣೆಗೆ, ಸೀಸದಂತಹ ಮೃದು ಲೋಹಗಳಿಗೆ ಸ್ಥಿತಿಸ್ಥಾಪಕತ್ವದ ಪರಿಮಿತಿಯು 1 ಮಿ.ಮೀ$^2$ ಅಡ್ಡ ಕೊಯ್ತದ ತಂತಿಯಿಂದ ತೂಗುಹಾಕಿರುವ ಭಾರವು 0.2–0.3 ಕಿ.ಗ್ರಾಂ.ಬ. ಇರುವಾಗಲೇ ತಲಪಿ ಆಗಿರುವುದು. ಈ ಪರಿಮಿತಿಯು ಉಕ್ಕಿನಂತಹ ಗಟ್ಟಿ ಪದಾರ್ಥಗಳಿಗೆ ಸುಮಾರು 100 ಸಲಗಳಷ್ಟು ಅಂದರೆ 25 ಕಿ.ಗ್ರಾಂ.ಬ.ಗಳಷ್ಟು ಇರುತ್ತದೆ.

ಸ್ಥಿತಿಸ್ಥಾಪಕತ್ವ ಪರಿಮಿತಿಯನ್ನು ಮೀರಿದ ದೊಡ್ಡ ಬಲಗಳ ಸಂಬಂಧದಲ್ಲಿ, ವಿವಿಧ ಕಾಯಗಳನ್ನು ಸ್ಥೂಲವಾಗಿ ಎರಡು ಗುಂಪುಗಳಾಗಿ ವಿಂಗಡಿಸಬಹುದು : ಗಾಜಿನಂತೆ ಭಂಗುರವಾಗಿರುವುವು ಮತ್ತು ಜೇಡಿಮಣ್ಣಿನಂತೆ ನಮ್ಯವಾಗಿರುವುವು.

ಜೇಡಿಮಣ್ಣಿನ ಒಂದು ತುಂಡನ್ನು ನಿಮ್ಮ ಬೆರಳಿನಿಂದ ಅದುಮಿದರೆ ಅದು ಜಟಿಲವಾದ ಸುಳಿಗಳನ್ನು ಕೂಡ ಒಳಗೊಂಡಿರುವ ತನ್ನ ಮುದ್ರೆಯನ್ನು ಅದರ ಮೇಲ್ಮೈಯಲ್ಲಿ ಬಿಟ್ಟು ಹೋಗುತ್ತದೆ. ಮೃದುವಾದ ಕಬ್ಬಿಣದ ಅಥವಾ ಸೀಸದ ಒಂದು ತುಂಡನ್ನು ಒಂದು ಸುತ್ತಿಗೆಯಿಂದ ಹೊಡೆದರೆ, ಸ್ಪಷ್ಟವಾದ ಕುರುಹು ಅದರ ಮೇಲೆ ಸಿಗುತ್ತದೆ. ಈಗ ಏನೂ ಬಲಪ್ರಯೋಗ ಇಲ್ಲ, ಆದರೂ ರೂಪ ವಿಕೃತಿಯು ಉಳಿದಿದೆ – ಅದನ್ನು ನಮ್ಯ ಅಥವಾ ಸ್ಥಾಯಿ ಎನ್ನುತ್ತಾರೆ. ಗಾಜಿನಲ್ಲಿ ಇಂತಹ ಉಳಿಕೆಯ ಪರಿಣಾಮ ಪಡೆಯುವುದು ಫಲಕಾರಿಯಾಗುವುದಿಲ್ಲ. ಈ ಪ್ರಯತ್ನದಲ್ಲಿ ನೀವು ಪಟ್ಟುಹಿಡಿದು ಮುಂದುವರಿದರೆ, ಗಾಜು ಒಡೆಯುತ್ತದೆ. ಕೆಲವು ಲೋಹಗಳು ಮತ್ತು ಮಿಶ್ರಲೋಹಗಳು – ಕಾಂಚವಾಳದಂತಹವು – ಅಷ್ಟೇ ಭಂಗುರವಾಗಿರುವುವು. ಸುತ್ತಿಗೆ ಪೆಟ್ಟಿನಿಂದ ಕಬ್ಬಿಣದ ಕೊಳಗ ಪಾತ್ರೆ ಚಪ್ಪಟೆ ಯಾಗುತ್ತದೆ, ಆದರೆ ಕಾಂಚವಾಳದ ಬಿಂದಿಗೆ ಸೀಳಿ ಬಿರುಕುಬಿಡುತ್ತದೆ. ಭಂಗುರ

ವಾಗಿರುವ ಪದಾರ್ಥಗಳ ಬಲವನ್ನು ಮುಂದಿನ ಅಂಕಿಗಳ ಮೂಲಕ ಊಹಿಸಬಹುದು : ತಾಂಡವಾಳದ ಒಂದು ಚೂರನ್ನು ಪುಡಿಯಾಗಿ ಮಾರ್ಪಡಿಸುವುದಕ್ಕೆ ಮೇಲ್ಮೈ ಕ್ಷೇತ್ರಫಲದ ಪ್ರತಿ ಚದರ ಮಿಲಿಮೀಟರಿನ ಮೇಲೂ ಸುಮಾರು 50–80 ಕಿ.ಗ್ರಾಂ.ಬ.ದಷ್ಟು ಬಲವನ್ನು ಪ್ರಯೋಗಿಸಬೇಕಾಗುವುದು. ಒಂದು ಇಟ್ಟಿಗೆಗಾದರೋ ಈ ಅಂಕಿಯು 1.5–3 ಕಿ.ಗ್ರಾಂ.ಬ.ಕ್ಕೆ ಇಳಿಯುವುದು.

ಎಲ್ಲಾ ವರ್ಗೀಕರಣಗಳಲ್ಲಿನಂತೆಯೇ, ಕಾಯಗಳನ್ನು ಭಂಗುರ ಮತ್ತು ನಮ್ಯ ಎಂದು ವಿಂಗಡಿಸುವುದು ಕೂಡ ಬಹುಮಟ್ಟಿಗೆ ಸಾಪೇಕ್ಷವಾದುದು. ಮೊಟ್ಟ ಮೊದಲಿಗೆ, ಕಡಿಮೆ ಉಷ್ಣಾಂಶದಲ್ಲಿ ಭಂಗುರವಾಗಿರುವ ಕಾಯವು ಹೆಚ್ಚಿನ ಉಷ್ಣಾಂಶಗಳಲ್ಲಿ ನಮ್ಯವಾಗಬಹುದು. ಗಾಜನ್ನು ಹಲವು ನೂರು ಡಿಗ್ರಿ ಉಷ್ಣಾಂಶಕ್ಕೆ ಕಾಯಿಸಿದರೆ, ಅದನ್ನು ಬಲು ಸೊಗಸಾಗಿ ನಮ್ಯ ಪದಾರ್ಥದಂತೆ ಸಂಸ್ಕರಿಸಬಹುದು. ಉಕ್ಕಿನಂತಹ ಮೃದು ಲೋಹಗಳಿಗೆ ಶೀತ ಸ್ಥಿತಿಯಲ್ಲಿಯೇ ಬಡಿದು ಆಕಾರ ಕೊಡಬಹುದು. ಆದರೆ ಗಟ್ಟಿ ಲೋಹಗಳಿಗೆ ಆಕಾರ ಕೊಡಬೇಕಾದರೆ ಕೆಂಪಗೆ ಕಾದಿರುವಾಗ ಮಾತ್ರ. ಉಷ್ಣಾಂಶದ ಹೆಚ್ಚುವರಿಯಿಂದ ಒಂದು ಪದಾರ್ಥದ ನಮ್ಯತೆಯೂ ತೀವ್ರವಾಗಿ ಹೆಚ್ಚುತ್ತದೆ.

ಕಟ್ಟಡ ಕಟ್ಟುವ ಸಾಮಾನುಗಳಲ್ಲಿ ಲೋಹಗಳ ಬಳಕೆಗೆ ಬದಲಿಲ್ಲದಂತೆ ಆಗಿರಲು ಕಾರಣವಾದ ಮುಖ್ಯ ಗುಣವೆಂದರೆ ಕೊಠಡಿಯ ಉಷ್ಣಾಂಶದಲ್ಲಿ ಅವುಗಳ ಕಠಿನತೆ ಮತ್ತು ಹೆಚ್ಚುಮಟ್ಟದ ಉಷ್ಣಾಂಶಗಳಲ್ಲಿ ಅವುಗಳ ನಮ್ಯತೆ: ಕಾವೇರಿ ಪ್ರಜ್ವಲಿಸುವ ಲೋಹಕ್ಕೆ ಅಗತ್ಯವೆನಿಸಿದ ಆಕಾರವನ್ನು ಸುಲಭವಾಗಿ ಕೊಡಬಹುದು, ಆದರೆ ಕೊಠಡಿಯ ಉಷ್ಣಾಂಶದಲ್ಲಿ ಈ ಆಕಾರವನ್ನು ಬದಲಾಯಿಸಬೇಕಾದರೆ ಬಹಳ ದೊಡ್ಡ ಪ್ರಮಾಣದ ಬಲಗಳ ಸಹಾಯದಿಂದ ಮಾತ್ರ ಸಾಧ್ಯ.

ಒಂದು ಪದಾರ್ಥದ ಆಂತರಿಕ ರಚನಾಕ್ರಮವು ಅದರ ಯಾಂತ್ರಿಕ ಗುಣಗಳ ಮೇಲೆ ಮೂಲಭೂತವಾದ ರೀತಿಯಲ್ಲಿ ಪ್ರಭಾವ ಬೀರುತ್ತದೆ. ಸೀಳುಗಳೂ ಮತ್ತು ತೂತುಗಳೂ ಕಾಯದ ಪ್ರತ್ಯಕ್ಷ ಬಲವನ್ನು ಕಡಿಮೆ ಮಾಡುತ್ತವೆ ಮತ್ತು ಅವನ್ನು ಹೆಚ್ಚು ಭಂಗುರವಾಗಿಸುತ್ತವೆ ಎಂಬುದು ಸ್ಪಷ್ಟ.

ನಮ್ಯವಾಗಿ ರೂಪವಿಕಾರಗೊಳ್ಳಬಲ್ಲ ಕಾಯಗಳ ಬಲಗೊಳ್ಳುವ ಕ್ರಿಯೆಯು

ಅಸಾಧಾರಣವಾದುದು. ಒಂದು ಲೋಹದ ಒಂದೇ ಒಂದು ಹರಳು ಕರಗಿದ ಮುದ್ದೆಯಿಂದ ಆಗ ತಾನೆ ಬೆಳೆದಾಗ ಅದು ಬಹಳ ಮೃದುವಾಗಿರುತ್ತದೆ. ಅನೇಕ ಲೋಹಗಳ ಹರಳುಗಳು ಎಷ್ಟು ಮೃದುವಾಗಿರುವುವೆಂದರೆ ಅವುಗಳನ್ನು ಕೈಬೆರಳು ಗಳಿಂದ ಸುಲಭವಾಗಿ ಬಗ್ಗಿಸಬಹುದು; ಆದರೆ ಅವುಗಳನ್ನು ಪುನಃ ನೆಟ್ಟಗೆ ಮಾಡು ವುದಕ್ಕಾಗುವುದಿಲ್ಲ. ಬಲಗೊಳಿಸುವಿಕೆಯು ಸಂಭವಿಸಿದೆ. ಇದೇ ಮಾದರಿಯನ್ನು ನಮ್ಯವಾಗಿ ರೂಪವಿಕಾರಗೊಳಿಸುವುದು ಬಹಳ ಹೆಚ್ಚು ಪ್ರಮಾಣದ ಬಲದಿಂದ ಮಾತ್ರ ಸಾಧ್ಯ. ನಮ್ಯತೆಯು ಒಂದು ಪದಾರ್ಥದ ಒಂದು ಗುಣವೇ ಅಲ್ಲದೆ ಅದು ಗುರಿಯಾಗಿರುವ ಸಂಸ್ಕರಣದ ಗುಣವೂ ಆಗಿರುತ್ತದೆ.

ಸಲಕರಣೆಗಳನ್ನು ಲೋಹಗಳನ್ನು ಎರಕಹೊಯ್ದು ಮಾಡದೆ, ಅವುಗಳನ್ನು ಕುಲುಮೆಯಲ್ಲಿ ಕಾಯಿಸಿ ಬಡಿದು ಏಕೆ ಮಾಡುವರು ? ಕಾರಣ ಸ್ಪಷ್ಟ – ಕುಲುಮೆ ಯಲ್ಲಿ ಕಾಯಿಸಿ ಬಡಿದಿರುವ (ಸುರುಳಿ ಮಾಡಿದ, ಎಳೆದ) ಲೋಹವು ಎರಕಹೊಯ್ದ ಲೋಹಕ್ಕಿಂತ ಗಟ್ಟಿಯಾಗಿರುತ್ತದೆ. ಒಂದು ಲೋಹವನ್ನು ಎಷ್ಟು ಕಾಯಿಸಿ ಬಡಿದರೂ ಅದರ ಬಲವನ್ನು ಒಂದು ಮಿತಿಗೆ ಮೀರಿ ಹೆಚ್ಚಿಸುವುದಕ್ಕಾಗುವುದಿಲ್ಲ. ಇದಕ್ಕೆ ಪರಾಭವ ಪ್ರತಿಬಲ ಎಂದು ಹೆಸರು. ಉಕ್ಕಿಗೆ ಇದು 30 ಮತ್ತು 50 ಕಿ.ಗ್ರಾಂ.ಬ/ಮಿ.ಮೀ$^2$ ಗಳ ಮಧ್ಯದಲ್ಲಿ ಇರುತ್ತದೆ. ಈ ಅಂಕಿಯ ಅರ್ಥವು ಹೀಗಿದೆ. ಒಂದು–ಪೂಡ್* ಭಾರವನ್ನು (ಪರಾಭವ ಪ್ರತಿಬಲಕ್ಕಿಂತ ಕಡಿಮೆ) 1 ಮಿ.ಮೀ$^2$ ಅಡ್ಡಕೊಯ್ತದ ತಂತಿಯಿಂದ ತೂಗು ಹಾಕಿದರೆ, ತಂತಿಯು ಉದ್ದ ವಾಗುವುದೂ ಮತ್ತು ಗಟ್ಟಿಯಾಗುವುದೂ ಒಟ್ಟಿಗೆ ಸಂಭವಿಸುವುದು. ಆದ್ದರಿಂದ ಹಿಗ್ಗುವುದು ಬೇಗಲೇ ನಿಂತುಹೋಗುವುದು – ಭಾರವು ಶಾಂತವಾಗಿ ತಂತಿಯಿಂದ ತೂಗಾಡುತ್ತದೆ. ಆದರೆ ಒಂದು ಎರಡು ಅಥವಾ ಮೂರು ಪೂಡ್ ಭಾರವನ್ನು (ಪರಾಭವ ಪ್ರತಿಬಲಕ್ಕಿಂತ ಹೆಚ್ಚು) ಇಂತಹ ತಂತಿಯಿಂದ ತೂಗುಹಾಕಿದರೆ, ಚಿತ್ರವು ಬೇರೆಯಾಗಿರುತ್ತದೆ. ತಂತಿಯು ಮುರಿದು ಹೋಗುವವರೆಗೂ ಹಿಗ್ಗುತ್ತ ಹೋಗು ವುದು. ಈಗ ಪುನಃ ಒತ್ತಿ ಹೇಳೋಣ : ಒಂದು ಕಾಯದ ಯಾಂತ್ರಿಕ ವರ್ತನೆಯು

---

* ಒಂದು ಪೂಡ್ = 16.38 ಕಿಲೋಗ್ರಾಂ (ರಷ್ಯನ್ ಅಳತೆ).

ಬಲದಿಂದ ಅಲ್ಲ, ಪ್ರತಿಬಲದಿಂದ ನಿರ್ಣಯಿಸಲ್ಪಡುವುದು. 100 $\mu m^2$ ಅಡ್ಡ ಕೊಯ್ತದ ತಂತಿಯು $(30-50) \times 10^{-4}$ ಕಿ.ಗ್ರಾಂ.ಬ ಅಂದರೆ 3.5 ಗ್ರಾಂ.ಬ.ದ ಭಾರದ ಕ್ರಿಯೆಯಿಂದ ಜಗ್ಗುತ್ತದೆ.

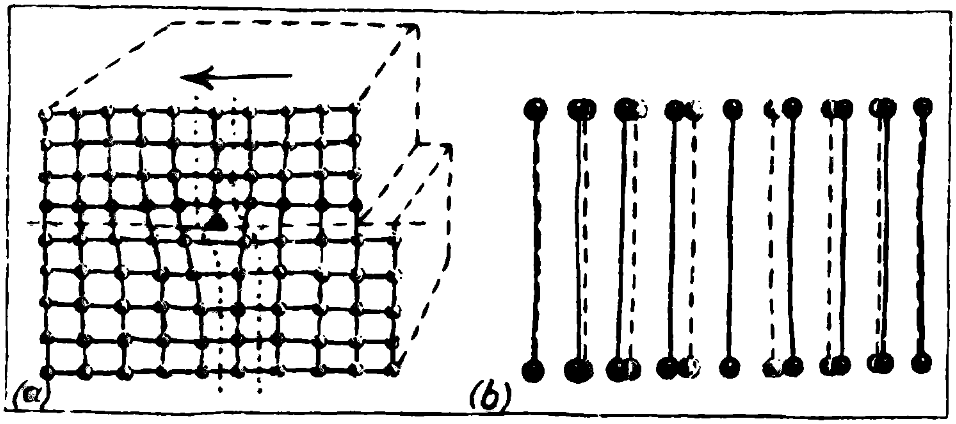
## ಸ್ಥಾನ ಭ್ರಂಶಗಳು

ನಮ್ಯ ರೂಪವಿಕೃತಿಯು ಎಂಜಿನಿಯರಿಂಗ್ ವ್ಯವಹಾರಗಳಲ್ಲಿ ಬಹುಮುಖ್ಯ ವಿದ್ಯಮಾನವೆಂದು ಸಾಧಿಸುವುದು ತೆಗೆದಿರುವ ಬಾಗಿಲನ್ನು ಒಡೆಯುವ ಪ್ರಯತ್ನದಂತೆ. ಕುಲುಮೆ ಬಡಿತ ಮತ್ತು ರಸ್ತೆಬಡಿತ, ಫಲಕಗಳನ್ನು ಸುರುಳಿಮಾಡಿ ತೆಗೆಯುವುದು, ತಂತಿಯನ್ನು ಎಳೆಯುವುದು ಇವೆಲ್ಲಾ ಲೋಹಗಳ ಮೇಲೆ ಆವು ರೂಪವಿಕೃತಿ ಹೊಂದುವಂತಹ ತಂತ್ರಗಳ ಕಾರ್ಯವಿಧಿಗಳು.

ಒಂದು ಲೋಹವು ರಚಿತವಾಗಿರುವ ಸಣ್ಣ ಹರಳುಗಳನ್ನು ಆವರ್ತರೂಪದ ಅವಕಾಶ ಜಾಲಕದ ಚೂರುಗಳು ಎಂದು ಪರಿಗಣಿಸಿದರೆ, ನಮ್ಯ ರೂಪವಿಕೃತಿಯ ವಿಷಯವಾಗಿ ಏನನ್ನೂ ನಾವು ತಿಳಿದುಕೊಳ್ಳಲಾಗುವುದಿಲ್ಲ.

ಆದರ್ಶ ಹರಳಿನ ಯಾಂತ್ರಿಕ ಲಕ್ಷಣಗಳ ತತ್ವಗಳನ್ನು ಬಹಳ ಕಾಲದ ಹಿಂದೆಯೇ, ಈ ಶತಾಬ್ದಿಯ ಪ್ರಾರಂಭದಲ್ಲಿ, ವಿಚಾರಮಾಡಿ ಸ್ಥಿರಪಡಿಸಲಾಗಿತ್ತು. ಈ ಸಿದ್ಧಾಂತವು ಪ್ರಯೋಗ ಲಬ್ಧವಾದ ಅಂಶಗಳಿಗೆ ಸರಿಹೋಗುವುದಿಲ್ಲ. ಎಲ್ಲಾ ಹರಳುಗಳೂ ಆದರ್ಶ ರೂಪದವುಗಳಾಗಿದ್ದರೆ, ಅವುಗಳ ಕರ್ಷಕ ಶಕ್ತಿಯು ವಾಸ್ತವವಾಗಿ ಕಂಡಿರುವುದಕ್ಕಿಂತ ಅನೇಕ ಪರಿಮಾಣ ಮಟ್ಟಗಳಷ್ಟು ಹೆಚ್ಚಾಗಿರುತ್ತಿದ್ದಿತು. ಆಗ ನಮ್ಯ ರೂಪವಿಕೃತಿಗೆ ಅಗಾಧವಾದ ಬಲಪ್ರಯೋಗ ಬೇಕಾಗುತ್ತಿತ್ತು.

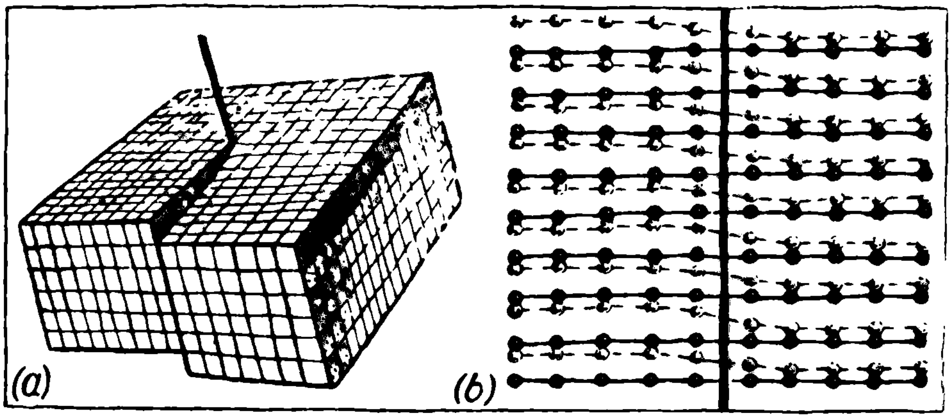
ಸಮರ್ಥಕ ವಿಷಯಗಳು ಸಾಕಷ್ಟು ಹೇರಳವಾಗುವುದಕ್ಕೆ ಮೊದಲೇ ಅನೇಕ ಕಲ್ಪನೆಗಳು ಮೂಡಿದ್ದವು. ಸಿದ್ಧಾಂತಕ್ಕೂ ಪ್ರಯೋಗಕ್ಕೂ ಹೊಂದಾಣಿಕೆ ಏರ್ಪಡಿಸುವುದಕ್ಕೆ ಇರುವ ಒಂದೇ ಮಾರ್ಗವೆಂದರೆ ಹರಳುಗಳಲ್ಲಿ ಕೆಲವು ನ್ಯೂನತೆಗಳಿರುವವು ಎಂದು ಇಟ್ಟುಕೊಳ್ಳುವುದೇ ಎಂಬುದು ಸಂಶೋಧಕರಿಗೆ ಸ್ಪಷ್ಟವಾಗಿತ್ತು. ಈ ನ್ಯೂನತೆಗಳ ವಿಚಾರದಲ್ಲಿ ವಿಭಿನ್ನವಾದ ಊಹಾಪೋಹಗಳನ್ನು ಮುಂದಿಡಬಹುದು. ಆದರೆ ದ್ರವ್ಯದ ರಚನೆಯು ಸಂಶೋಧನೆಗಾಗಿ ಅತ್ಯಂತ ಸೂಕ್ಷ್ಮತರವ




**ಚಿತ್ರ 6.6**

ಸಲಕರಣೆಗಳು ಭೌತವಿಜ್ಞಾನಿಗಳಿಗೆ ಲಭಿಸಿದ ನಂತರವೇ ಈ ಚಿತ್ರವು ಸ್ಪಷ್ಟಗೊಳ್ಳಲು ಆರಂಭವಾಯಿತು. ಒಂದು ಜಾಲಕದ ಆದರ್ಶ ಮಾದರಿ ಭಾಗವು (ಇದಕ್ಕೆ ತಾಕು ಎಂದು ಹೆಸರು) ಒಂದು ಮಿಲ್ಲಿಮೀಟರಿನಲ್ಲಿ ಹಲವು ಹತ್ತು ಲಕ್ಷದ ಒಂದು ಭಾಗದಷ್ಟು ಪರಿಮಾಣಗಳುಳ್ಳದ್ದಾಗಿ ತಿಳಿದುಬಂದಿತು. ಈ ತಾಕುಗಳು ಪರಸ್ಪರ ಒಂದು ಸೆಕೆಂಡು ಅಥವಾ ಒಂದು ನಿಮಿಷಕ್ಕಿಂತ ಕಡಿಮೆಯಾದ ಕೋನಗಳಷ್ಟು ದಿಕ್ ವ್ಯತ್ಯಾಸಗಳುಳ್ಳವಾಗಿರುತ್ತವೆ.

ಎರಡನೆಯ ದಶಕದ ಹೊತ್ತಿಗೆ ಒಟ್ಟುಗೂಡಿದ್ದ ಅನೇಕ ವಿಷಯಗಳಿಂದ ಪರ್ಯಟ್ಟ ಮುಖ್ಯ ವಾದವೇನೆಂದರೆ : ಒಂದು ನಿಜವಾದ ಹರಳಿನ ಮುಖ್ಯವಾದ (ಇದೊಂದೇ ಅಲ್ಲದಿದ್ದರೂ) ನ್ಯೂನತೆಯು ಒಂದು ಕ್ರಮಬದ್ಧವಾದ ಸ್ಥಾನಪಲ್ಲಟ, ಇವಕ್ಕೆ **ಸ್ಥಾನಭ್ರಂಶ** ಎಂದು ಹೆಸರಿಟ್ಟರು. ಒಂದು ಸರಳ ರೀತಿಯ ಅಥವಾ ರೇಖೀಯ ಸ್ಥಾನಭ್ರಂಶವನ್ನು ಚಿತ್ರ 6.6ರಲ್ಲಿನ ಮಾದರಿಯಿಂದ ಉದಹರಿಸಿದೆ. ಇದರಿಂದ ಸ್ಪಷ್ಟವಾಗಿ ಕಾಣುವಂತೆ. ನ್ಯೂನತೆಯ ಮುಖ್ಯಾಂಶವೇನೆಂದರೆ, ಹರಳಿನಲ್ಲಿ ಒಂದು "ಅಧಿಕ" ಪರಮಾಣು ಸಮತಲ (ಇದರಿಂದ ಅದರ ಹೆಸರು "ಅಧಿಕ ಸಮತಲ" ಎಂದಾಗಿದೆ) ಇರುವ ಪ್ರದೇಶಗಳಿವೆ. ಚಿತ್ರ 6.6aನಲ್ಲಿ ದಿಗಂತ ದಿಕ್ಕಿನ ಒಡಕು ರೇಖೆಯು ಎರಡು ತಾಕುಗಳನ್ನು ಬೇರ್ಪಡಿಸುತ್ತವೆ – ಹರಳಿನ




ಚಿತ್ರ 6.7

ಮೇಲ್ಭಾಗವು ಸಂಕೋಚನೆಗೆ ಒಳಗಾಗಿದೆ. ಮತ್ತು ಕೆಳಗಿನ ಭಾಗವು ಎಳೆತಕ್ಕೊಳಗಾಗಿದೆ. ಹರಳಿನ ಮೇಲೆ ಸ್ಥಾನಭ್ರಂಶದ ಪರಿಣಾಮವು ಕ್ಷಿಪ್ರವಾಗಿ ಅಳಿದುಹೋಗುವುದು. ಎಡಗಡೆಯ ಚಿತ್ರದ ಒಂದು ವಿಧದ "ಮೋಲ್ಡೋಟ"ದಂತಿರುವ ಚಿತ್ರ 6.6*b* ಯಲ್ಲಿ ಇದನ್ನು ಕಾಣಬಹುದು.

ಹರಳುಗಳಲ್ಲಿ ಅನೇಕ ಸಂದರ್ಭಗಳಲ್ಲಿ ತೋರ್ಪಡುವ ಮತ್ತೊಂದು ವಿಧದ ಸ್ಥಾನಭ್ರಂಶ ಯಾವುದೆಂದರೆ ತಿರುಪು ಸ್ಥಾನಭ್ರಂಶ. ಇದನ್ನು ಚಿತ್ರ 6.7ರಲ್ಲಿ ಸ್ಥೂಲವಾಗಿ ತೋರಿಸಿದೆ. ಇಲ್ಲಿ ಜಾಲಕವು ಎರಡು ತಾಕುಗಳಾಗಿ ಒಡೆದಿವೆ. ಒಂದು ತಾಕು ಮತ್ತೊಂದಕ್ಕೆ ಸಂಬಂಧಿಸಿ ಒಂದು ಜಾಲಕ ನಿಯತಾಂಕದಷ್ಟು ಜಾರಿರುವಂತೆ ಕಾಣುತ್ತದೆ. ಅತ್ಯಂತ ಹೆಚ್ಚು ರೂಪವಿಕಾರವು ಚಿತ್ರಗಳಲ್ಲಿ ತೋರಿಸಿರುವ ಊರ್ಧ್ವ ದಿಕ್ಕಿನ ಅಕ್ಷದಲ್ಲಿ ಕೇಂದ್ರೀಕೃತವಾಗಿರುತ್ತವೆ – ಈ ಅಕ್ಷಕ್ಕೆ ಅಕ್ಕಪಕ್ಕದಲ್ಲಿರುವ ಪ್ರದೇಶಕ್ಕೇ ತಿರುಪು ಸ್ಥಾನಭ್ರಂಶವೆಂದು ಹೆಸರು.

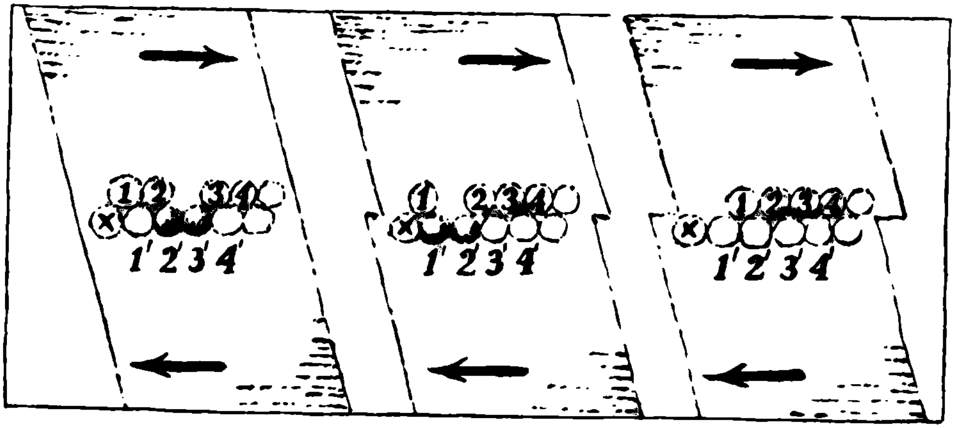
ಜಾರಿಕೆ ಸಂಭವಿಸಿರುವ ಅಕ್ಷದ ಮೂಲಕ ಹಾದುಹೋಗಿರುವ ಊರ್ಧ್ವ ದಿಕ್ಕಿನ ಸಮತಲದ ಎರಡು ಕಡೆಗಳಲ್ಲಿರುವ ಅಕ್ಕಪಕ್ಕದ ಅಣುವಿನ ಸಮತಲಗಳನ್ನು ಚಿತ್ರಿಸಿರುವ ಮತ್ತೊಂದು ನಕ್ಷೆ (ಚಿತ್ರ 6.7*b*)ಯನ್ನು ನೋಡಿದರೆ ಈ ರೂಪವಿಕಾರದ ಸ್ವರೂಪವು ಇನ್ನೂ ಚೆನ್ನಾಗಿ ಅರ್ಥವಾಗುವುದು. ಮೂರು ಆಯಾಮಗಳ

ದೃಷ್ಟಿಯಿಂದ, ಇದು ಸಮತಲವನ್ನು ಬಲಗಡೆಯಿಂದ ತೋರಿಸುವ ಪ್ರಕ್ಷೇಪ. ಬಲಗಡೆಯ ತಾಕಿಗೆ ಸೇರಿದ ಪರಮಾಣು ಸಮತಲವನ್ನು ಪೂರಾರೇಖೆಗಳಿಂದ ತೋರಿಸಿದೆ; ಎಡಗಡೆಯ ತಾಕಿಗೆ ಸೇರಿದ್ದನ್ನು ಒಡಕು ರೇಖೆಗಳಿಂದ ತೋರಿಸಿದೆ. ಕಪ್ಪು ವೃತ್ತಗಳು ಪ್ರಕಾಶಿತ ವೃತ್ತಗಳಿಗಿಂತ ಓದುಗನಿಗೆ ಹತ್ತಿರದಲ್ಲಿವೆ. ತಿರುಪು ಸ್ಥಾನ ಭ್ರಂಶವು ರೇಖೀಯ ರೂಪವಿಕೃತಿಗಿಂತ ಬೇರೆಯಾದ ವಿಕೃತಿ ಎಂದು ಚಿತ್ರದಿಂದ ಸ್ಪಷ್ಟಪಡುವುದು. ಅಧಿಕ ಪರಮಾಣು ಸಾಲು ಯಾವುದೂ ಇಲ್ಲ. ವಿಕೃತಿಯ ಮುಖ್ಯಾಂಶವೇನೆಂದರೆ, ಸ್ಥಾನಭ್ರಂಶದ ಅಕ್ಷದ ಸಮೀಪದಲ್ಲಿ ಪರಮಾಣುಗಳ ಸಾಲುಗಳು ತಮ್ಮ ಅತ್ಯಂತ ಸಮೀಪದ ನೆರೆಯವರನ್ನು ಬದಲಾಯಿಸಿಕೊಳ್ಳುತ್ತವೆ. ಅವು ಒಂದು ಮಹಡಿ ಕೆಳಗಿರುವ ನೆರೆಯವರೊಡನೆ ಸಾಲುಗೂಡುವುದಕ್ಕಾಗಿ ಕೆಳಕ್ಕೆ ಬಗ್ಗಿರುತ್ತವೆ.

ಇದನ್ನು ತಿರುಪು ಸ್ಥಾನಭ್ರಂಶವೆಂದು ಏಕೆ ಕರೆಯುವುದು ? (ನಿಮ್ಮ ಆಕಾರ ಅಳತೆಗಳನ್ನು ಪರಮಾಣುವಿಗಿಂತ ಕಡಿಮೆ ಪರಿಮಾಣಗಳಿಗೆ ಇಳಿಸಿಕೊಂಡು) ಪರಮಾಣು ಸಾಲನ್ನನುಸರಿಸಿ ತಿರುಗಾಡುತ್ತಿರುವಿರೆಂದೂ ಮತ್ತು ಸ್ಥಾನಭ್ರಂಶದ ಅಕ್ಷದ ಸುತ್ತ ಹಾದು ಹೋಗಬೇಕೆಂದು ನಿರ್ಧರಿಸಿರುವುದಾಗಿಯೂ ಭಾವಿಸಿಕೊಳ್ಳಿ. ನೀವು ನಿಮ್ಮ ಪ್ರಯಾಣವನ್ನು ಅತ್ಯಂತ ಕೆಳಗಿನ ಮಟ್ಟದ ಸಮತಲದಿಂದ ಮೊದಲು ಮಾಡಿದರೆ, ಒಂದೊಂದು ತಿರುಗಣೆ ಆದಮೇಲೂ ಒಂದು ಮಹಡಿ ಮೇಲಕ್ಕೆ ಹತ್ತಿರುವುದು ಕಂಡುಬರುವುದು. ಕೊನೆಗೆ, ಒಂದು ತಿರುಪು ಮೊಳೆಯ ಸುತ್ತು ಎಳೆಯುಂತಿರುವ ಹೀಲಿಕ್ಸ್ ರೇಖೆಯಾಕಾರದ ಸುತ್ತುಮೆಟ್ಟಿಲ ಸಾಲಿನಲ್ಲಿ ಹತ್ತಿದಂತೆ ಹರಳಿನ ಮೇಲ್ಗಡೆಯ ಸಮತಲದ ಮೇಲೆ ಹೊರಬರುವಿರಿ. ನಮ್ಮ ನಕ್ಷೆಯಲ್ಲಿ, ಹತ್ತುವುದು ಅಪ್ರದಕ್ಷಿಣ ದಿಕ್ಕಿನಲ್ಲಿದೆ. ತಾಕುಗಳ ಜಾರುವಿಕೆಯು ವಿರುದ್ಧ ದಿಕ್ಕಿನಲ್ಲಿದ್ದಿದ್ದರೆ, ನಿಮ್ಮ ಪ್ರಯಾಣವು ಪ್ರದಕ್ಷಿಣ ದಿಕ್ಕಿನಲ್ಲಿರುತ್ತಿದ್ದಿತು.

ನಮ್ಮ ರೂಪವಿಕೃತಿಯು ಹೇಗೆ ಸಂಭವಿಸುವುದು ಎಂಬ ಪ್ರಶ್ನೆಗೆ ಉತ್ತರ ಕೊಡಲು ಈಗ ನಾವು ಸಿದ್ಧವಾಗಿದ್ದೇವೆ.

ಒಂದು ಹರಳಿನ ಮೇಲ್ಭಾಗದ ಅರ್ಧವನ್ನು ಕೆಳಗಡೆಯ ಅರ್ಧಕ್ಕೆ ಸಂಬಂಧಿಸಿದಂತೆ ಒಂದು ಪರಮಾಣು ಮಧ್ಯದ (ಅಂತರ ಪರಮಾಣು) ದೂರದಷ್ಟು ಇಳಿಸ



**ಚಿತ್ರ 6.8**

ಬಯಸುತ್ತೇವೆಂದು ಇಟ್ಟುಕೊಳ್ಳೋಣ. ಅಪರೂಪಣ ಸಮತಲದಲ್ಲಿ ಇರುವ ಎಲ್ಲಾ ಪರಮಾಣುಗಳನ್ನೂ ಒಂದರ ಮೇಲೊಂದನ್ನು ಉರುಳಿಸಬೇಕೆಂಬುದು ವ್ಯಕ್ತವಾಗುವುದು. ಒಂದು ಅಪರೂಪಣ ಬಲವು ಸ್ಥಾನಭ್ರಂಶವನ್ನೊಳಗೊಂಡಿರುವ ಒಂದು ಹೊರಳಿನ ಮೇಲೆ ಪ್ರಯೋಗವಾದಾಗ ಪರಿಸ್ಥಿತಿಯೇ ಬೇರೆ.

ಎರಡು ಮೇಲ್ಗಡೆಯ ಸಾಲುಗಳ ಮಧ್ಯದಲ್ಲಿ ಒಂದು ಸೀಳಿನಂತಹ ರೇಖಾತ್ಮಕ ಶೂನ್ಯ ಪ್ರದೇಶದಿಂದಾದ ಒಂದು ರೇಖಾತ್ಮಕ ಸ್ಥಾನಭ್ರಂಶವನ್ನೊಳಗೊಂಡಿರುವ ಗೋಳಗಳ ಒತ್ತಡಕವ ವ್ಯವಸ್ಥೆ ಒಂದನ್ನು ಚಿತ್ರ 6.8ರಲ್ಲಿ ತೋರಿಸಿದೆ (ಪರಮಾಣುಗಳ ಸಾಲುಗಳ ಕೊನೆಯ ಗೋಳಗಳನ್ನು ಮಾತ್ರ ತೋರಿಸಿದೆ). ಕೆಳಗಿನ ತಾಕಿಗೆ ಸಂಬಂಧಿಸಿದಂತೆ ಮೇಲಿನದನ್ನು ಬಲಗಡೆಗೆ ಜರುಗಿಸುತ್ತ ಹೋಗೋಣ. ಏನು ನಡೆಯುತ್ತಿದೆ ಎಂಬುದನ್ನು ವಿಶದಪಡಿಸುವುದಕ್ಕಾಗಿ, ಸಾಲುಗಳನ್ನು ಅಂಕಿಗಳಿಂದ ನಿರ್ದೇಶಿಸಲಾಗಿದೆ, (ಕೆಳಗಿನ) ಸಂಕೋಚ್ಯಪಡಿಸಿದ ಪದರದಲ್ಲಿನ ಗೋಳಗಳಿಗೆ ಗುರುತಿನ ಸಂಖ್ಯೆಗಳನ್ನು ಕೊಟ್ಟಿದೆ. ಯಾವುದಾದರೂ ಒಂದು ಆರಂಭದ ಕ್ಷಣದಲ್ಲಿ. "ಸೀಳು" *2* ಮತ್ತು *3*ನೆಯ ಸಾಲುಗಳ ಮಧ್ಯದಲ್ಲಿ ಇರುವುದು: ಸಂಕೋಚ್ಯಪಡಿಸಿದ ಸಾಲುಗಳು *2′* ಮತ್ತು *3′*. ಜರುಗಿಸುವ ಬಲಪ್ರಯೋಗವಾದ ಕೂಡಲೇ *2*ನೇ ಸಾಲು "ಸೀಳಿ"ನೊಳಕ್ಕೆ ಪ್ರವೇಶಿಸುತ್ತದೆ; ಈಗ *3′* ಸಾಲು "ಧಾರಾಳವಾಗಿ

ಉಸಿರಾಡಿಸಬಹುದು", ಆದರೆ *1'* ಸಾಲು ಕಡಿಮೆ ಪ್ರದೇಶದಲ್ಲಿ ಅಡಗಿಕೊಳ್ಳ ಬೇಕಾಗುತ್ತದೆ. ಏನಾಗುವುದು ? ಪೂರ್ತ ಸ್ಥಾನಭ್ರಂಶವು ಎಡಗಡೆಗೆ ಚಲಿಸುತ್ತದೆ ಮತ್ತು ಅದು (ಸ್ಥಾನಭ್ರಂಶವು) ಹರಳಿನಿಂದ "ಹೊರಬೀಳು"ವವರೆಗೂ ಅದರ ಚಲನೆಯು ಇದೇ ರೀತಿಯಲ್ಲಿ ಮುಂದುವರಿಯುವುದು. ಪರಿಣಾಮವೇನೆಂದರೆ, ಪರಮಾಣುಗಳ ಒಂದು ಸಾಲಿನ ಮೇಲೆ ಕದಲಿಕೆ, ಅಂದರೆ ಆದರ್ಶ ಹರಳೊಂದರ ಅಪರೂಪಣದಂತೆಯೇ ಇರುವುದು.

ಸ್ಥಾನಭ್ರಂಶ ಚಲನೆಯಿಂದಾಗುವ ಅಪರೂಪಣಕ್ಕೆ ಬಹಳ ಕಡಿಮೆಯಾದ ಬಲವು ಬೇಕಾಗುವುದೆಂದು ಸಾಧಿಸಬೇಕಾದುದು ಅನವಶ್ಯಕವೇ ಸರಿ. ಒಂದು ಆದರ್ಶ ಹರಳಿನ ಅಪರೂಪಣದಲ್ಲಿ ಎಲ್ಲಾ ಸಾಲುಗಳ ಮೇಲೂ ಒಂದೇ ಕಾಲದಲ್ಲಿ ಉರುಳುವಾಗ ಪರಮಾಣುಗಳ ನಡುವಿನ ಪರಸ್ಪರ ಕ್ರಿಯೆಯನ್ನು ನಿವಾರಿಸಬೇಕಾಗಿತ್ತು. ಸ್ಥಾನಭ್ರಂಶ ಅಪರೂಪಣದಲ್ಲಿ, ಪ್ರತಿ ಕ್ಷಣದಲ್ಲಿಯೂ ಪರಮಾಣುಗಳ ಒಂದೇ ಒಂದು ಸಾಲು ಮಾತ್ರ ಅನ್ವಯವಾಗುವುದು.

ಗಣನೆಗಳಿಂದ ತಿಳಿದುಬರುವುದೇನೆಂದರೆ, ಸ್ಥಾನಭ್ರಂಶಗಳಿಲ್ಲವೆಂದು ಇಟ್ಟುಕೊಂಡರೆ, ಹರಳುಗಳ ಬಲವು ಪ್ರಯೋಗಗಳಲ್ಲಿ ಕಂಡುಬರುವ ಪ್ರಮಾಣಕ್ಕಿಂತ ನೂರುಸಲಗಳಷ್ಟು ಹೆಚ್ಚಾಗಿರಬೇಕು. ಸಣ್ಣ ಸಂಖ್ಯೆಯಲ್ಲಿ ಸ್ಥಾನಭ್ರಂಶಗಳಿದ್ದರೂ, ಪದಾರ್ಥದ ಬಲವು ಬಹುಮಟ್ಟಿಗೆ ಕಡಿಮೆಯಾಗುವುದು.

ಮೇಲಿನ ಚರ್ಚೆಯಿಂದ ಏಳುವ ಪ್ರಶ್ನೆ ಒಂದನ್ನು ಬಗೆಹರಿಸಬೇಕು. (ಚಿತ್ರ 6.8 ನೋಡಿ) ಪ್ರಯೋಗಿಸಿರುವ ಬಲವು ಸ್ಥಾನಭ್ರಂಶವನ್ನು ಹರಳಿನಿಂದ ಹೊರಕ್ಕೆ "ದೂಡುತ್ತದೆ" ಎಂಬುದು ನಕ್ಷೆಯಿಂದ ಸ್ಪಷ್ಟವಾಗುತ್ತದೆ. ಇದರ ಪರಿಣಾಮವಾಗಿ ನಾವು ರೂಪವಿಕೃತಿಯ ಮಟ್ಟವನ್ನು ಹೆಚ್ಚಿಸುತ್ತ ಹೋದಂತೆಲ್ಲಾ ಹರಳು ಹೆಚ್ಚು ಹೆಚ್ಚು ಬಲಗೊಳ್ಳುವುದು ಎಂದಾಗುವುದು. ಕಟ್ಟಕಡೆಗೆ, ಕೊನೆಯ ಸ್ಥಾನಭ್ರಂಶವನ್ನು ಕಳೆದು ಹಾಕಿದಾಗ, ಸಿದ್ಧಾಂತದ ಅನುಸಾರವಾಗಿ ಹರಳು ಆದರ್ಶ ಕ್ರಮಬದ್ಧವಾದ ಹರಳಿಗಿಂತ ನೂರು ಸಲಗಳಷ್ಟು ಹೆಚ್ಚು ಬಲವುಳ್ಳದ್ದಾಗಿರಬೇಕು. ರೂಪವಿಕೃತಿಯಾಗುವ ಕಾಲದಲ್ಲಿ ಹರಳು ಬಲಗೊಳ್ಳುವುದೇನೊ ನಿಜ, ಆದರೆ ನೂರರಷ್ಟು ಅಲ್ಲವೇ ಅಲ್ಲ. ತಿರುಪು ಸ್ಥಾನಭ್ರಂಶಗಳಿಂದ ಪರಿಸ್ಥಿತಿಯು ಸುಧಾರಿಸಲ್ಪಡುತ್ತದೆ.

ತಿರುವು ಸ್ಥಾನಭ್ರಂಶಗಳನ್ನು ಹರಳಿನಿಂದ ಹೊರಕ್ಕೆ ಸುಲಭವಾಗಿ "ದೂಡಲಾಗುವುದಿಲ್ಲ" ಎಂದು ಸ್ಥಿರಪಡಿಸಲಾಗಿದೆ (ಇಲ್ಲಿ ವಾಚಕನು ನಮ್ಮ ಮಾತನ್ನು ಸುಮ್ಮನೆ ಒಪ್ಪಿಕೊಳ್ಳಬೇಕಾಗಿದೆ, ಏಕೆಂದರೆ ಒಂದು ಚಿತ್ರದ ಸಹಾಯದಿಂದ ಇದನ್ನು ವಿವರಿಸುವುದು ಬಹಳ ಕಷ್ಟ). ಇದೂ ಅಲ್ಲದೆ, ಒಂದು ಹರಳಿನ ಅಪರೂಪಣವು ಎರಡು ವಿಧದ ಸ್ಥಾನಭ್ರಂಶಗಳಿಂದಲೂ ಏರ್ಪಡಬಹುದು. ಸ್ಥಾನಭ್ರಂಶ ಸಿದ್ಧಾಂತವು ಹರಳುಗಳ ಸಮತಲಗಳಾನುವರ್ತಿಯಾದ ಅಪರೂಪಣ ವಿದ್ಯಮಾನಗಳಿಗೆ ಸಮರ್ಪಕವಾದ ವಿವರಣೆ ಕೊಡುತ್ತದೆ. ಇಂದಿನ ಅಭಿಪ್ರಾಯಗಳ ಪ್ರಕಾರ, ಹರಳುಗಳ ನಮ್ಯ ಸ್ಥಾನಭ್ರಂಶವು ಹರಳಿನಲ್ಲಿ ಅವ್ಯವಸ್ಥೆಯ ಪ್ರಸರಣವೇ ಆಗಿರುವುದು.

## ಕಾಠಿನ್ಯ

ಬಲವೂ ಕಾಠಿನ್ಯವೂ ಒಟ್ಟಿಗೆ ಒಂದರ ಜೊತೆಯಲ್ಲೊಂದು ಇರುವುದಿಲ್ಲ. ಒಂದು ಹಗ್ಗ, ಬಟ್ಟೆಯ ಚೂರು ಮತ್ತು ರೇಷ್ಮೆಯ ದಾರ ಇವು ಬಹಳ ಹೆಚ್ಚಾದ ಬಲವುಳ್ಳವುಗಳಾಗಿರಬಲ್ಲವು – ಅವುಗಳನ್ನು ಹರಿಯಬೇಕಾದರೆ ದೊಡ್ಡ ಪ್ರಮಾಣದ ಪ್ರತಿಬಲವು ಬೇಕಾಗುವುದು. ಆದರೆ ಹಗ್ಗ ಮತ್ತು ಬಟ್ಟೆ ಇವುಗಳನ್ನು ಗಡುಸು ಪದಾರ್ಥಗಳೆಂದು ಯಾರೂ ಹೇಳುವುದಿಲ್ಲ. ಇದಕ್ಕೆ ಪ್ರತಿಯಾಗಿ, ಗಾಜಿನ ಬಲವು ಹೆಚ್ಚಾಗಿಲ್ಲ, ಆದರೆ ಅದು ಒಂದು ಕಠಿನ ಪದಾರ್ಥ.

ಯಂತ್ರಕಲಾ ಶಾಸ್ತ್ರದಲ್ಲಿ ಬಳಕೆಯಲ್ಲಿರುವ ಕಾಠಿನ್ಯವೆಂಬ ಭಾವವನ್ನು ದಿನವಹಿ ವ್ಯವಹಾರದಿಂದ ತೆಗೆದುಕೊಳ್ಳಲಾಗಿದೆ. **ಕಾಠಿನ್ಯವು** ಚುಚ್ಚುವುದಕ್ಕೆ ಇರುವ ನಿರೋಧ. ಒಂದು ಕಾಯವನ್ನು ಗೀಚುವುದು ಕಷ್ಟವಾದರೆ, ಅದರ ಮೇಲೆ ಮುದ್ರೆ ಒತ್ತುವುದು ಕಷ್ಟವಾದರೆ, ಕಾಯವು ಕಠಿನ. ಈ ಲಕ್ಷಣ ನಿರೂಪಣೆಯು ಸ್ವಲ್ಪ ಅಸ್ಪಷ್ಟವಾಗಿದೆಯೆಂದು ವಾಚಕನಿಗೆ ಅನಿಸಬಹುದು. ಭೌತಿಕ ಭಾವಗಳನ್ನು ಸಂಖ್ಯೆಗಳ ಸಹಾಯದಿಂದ ನಿರ್ದೇಶಿಸುವುದು ನಮಗೆ ರೂಢಿಯಾಗಿದೆ. ಆದರೆ ಕಾಠಿನ್ಯ ವಿಚಾರದಲ್ಲಿ ಇದನ್ನು ಹೇಗೆ ಮಾಡಬಹುದು ?

ಗತಕಾಲಕ್ಕೆ ಸೇರಿದ್ದೆನಿಸಬಹುದಾದರೂ, ವ್ಯವಹಾರದಲ್ಲಿ ಉಪಯೋಗದಲ್ಲಿರುವ ಒಂದು ನಾಜೂಕಿಲ್ಲದ ಪದ್ಧತಿಯನ್ನು ಖನಿಜಶಾಸ್ತ್ರಜ್ಞರು ಬಹಳ ಕಾಲದಿಂದಲೇ

ಬಳಸುತ್ತಿರುವರು. ಬೇರೆ ಬೇರೆ ವಿಧದ ಹತ್ತು ನಿರ್ದಿಷ್ಟ ಖನಿಜಗಳನ್ನು ಸಾಲಾಗಿ ಇಡಲಾಗಿದೆ. ಮೊದಲನೆಯದು ವಜ್ರ, ಅದಾದ ಮೇಲೆ ಕುರುಂದ, ಆಮೇಲೆ ಪುಷ್ಯ ರಾಗ, ಸ್ಫಟಿಕ ಶಿಲೆ (ಕ್ವಾರ್ಟ್ಸ್), ಫೆಲ್‌ಸ್ಪಾರ್, ಅಪಟೈಟ್, ಫ್ಲುಅರ್-ಸ್ಪಾರ್, ಕ್ಯಾಲ್ಸೈಟ್, ಜಿಪ್ಸಮ್ ಮತ್ತು ಟಾಲ್ಕ್. ಈ ಸರಣಿಯನ್ನು ಮುಂದೆ ಹೇಳುವ ಹಾಗೆ ವಿಂಗಡಿಸಿದೆ: ವಜ್ರವು ಎಲ್ಲಾ ಪದಾರ್ಥಗಳ ಮೇಲೂ ತನ್ನ ಗುರುತನ್ನು ಬಿಡುತ್ತದೆ, ಆದರೆ ಈ ಖನಿಜಗಳಲ್ಲಿ ಯಾವುದೊಂದೂ ವಜ್ರವನ್ನು ಗೀಚುವುದಿಲ್ಲ. ಅಂದರೆ, ವಜ್ರ ಎಲ್ಲಕ್ಕಿಂತ ಕಠಿನವಾದ ಖನಿಜ. ವಜ್ರದ ಕಾಠಿನ್ಯದ ಮೊತ್ತವನ್ನು 10 ಎಂಬ ಸಂಖ್ಯೆಯಿಂದ ನಿಷ್ಕರ್ಷಿಸಲಾಗಿದೆ. ಈ ಸರಣಿಯಲ್ಲಿ ವಜ್ರವನ್ನು ಹಿಂಬಾಲಿಸಿ ಬರುವ ಕುರುಂದವು ಅದಕ್ಕಿಂತ ಕೆಳಗಿರುವ ಎಲ್ಲಾ ಖನಿಜಗಳಿಗಿಂತ ಹೆಚ್ಚು ಕಠಿನವಾಗಿರುವುದು – ಕುರುಂದವು ಅವುಗಳನ್ನು ಗೀಚಬಲ್ಲುದು. ಕುರುಂದದ ಕಾಠಿನ್ಯ ಸಂಖ್ಯೆ 9 ಎಂದು ಗೊತ್ತುಮಾಡಲಾಗಿದೆ. ಇದೇ ಪ್ರಕಾರದಲ್ಲಿ 8, 7 ಮತ್ತು 6 ಈ ಸಂಖ್ಯೆಗಳನ್ನು ಪುಷ್ಯರಾಗ, ಸ್ಫಟಿಕಶಿಲೆ ಮತ್ತು ಫೆಲ್‌ಸ್ಪಾರ್ ಇವುಗಳಿಗೆ ಗೊತ್ತುಮಾಡಲಾಗಿದೆ. ಇವುಗಳಲ್ಲಿ ಪ್ರತಿ ಒಂದೂ ಅದಕ್ಕಿಂತ ಕೆಳಗಿರುವ ಎಲ್ಲಾ ಖನಿಜಗಳಿಗಿಂತ ಹೆಚ್ಚು ಕಠಿನ (ಅಂದರೆ ಅವುಗಳನ್ನು ಗೀಚಬಲ್ಲುದು) ಮತ್ತು ಇದಕ್ಕಿಂತ ಹೆಚ್ಚಾದ ಕಾಠಿನ್ಯ ಸಂಖ್ಯೆಯುಳ್ಳ ಖನಿಜಗಳಿಗಿಂತ ಹೆಚ್ಚು ಮೃದುವಾಗಿರುತ್ತದೆ (ಅವುಗಳಿಂದ ತಾನೇ ಗೀರಿಸಿಕೊಳ್ಳುತ್ತದೆ). ಅತ್ಯಂತ ಮೃದುವಾದ ಖನಿಜ, ಟಾಲ್ಕ್ ಇದರ ಕಾಠಿನ್ಯ ಸಂಖ್ಯೆ 1.

ಈ ಮಾನಪಟ್ಟಿಯ ಸಹಾಯದಿಂದ ಕಾಠಿನ್ಯವನ್ನು "ಅಳತೆ ಮಾಡುವುದು" (ಈ ಪದವನ್ನು ಉದ್ಧರಣ ಚಿಹ್ನೆಗಳೊಡನೆಯೇ ತೆಗೆದುಕೊಳ್ಳಬೇಕು) ಹೇಗೆಂದರೆ, ಮೇಲೆ ಆರಿಸಲಾಗಿರುವ ಹತ್ತು ಪ್ರಮಾಣಭೂತ ಸರಣಿಯಲ್ಲಿ ನಮ್ಮ ವಿಚಾರಣೆ ಯಲ್ಲಿರುವ ಖನಿಜದ ಸ್ಥಾನವನ್ನು ಕಂಡುಹಿಡಿಯಬೇಕು. ಅಪರಿಚಿತ ಖನಿಜವು ಸ್ಫಟಿಕ ಶಿಲೆಯಿಂದ ಗೀಚಿಸಲ್ಪಟ್ಟು, ಫೆಲ್‌ಸ್ಪಾರ್ ಮೇಲೆ ತನ್ನ ಗುರುತನ್ನು ಮುದ್ರಿಸಿ ದರೆ ಅದರ ಕಾಠಿನ್ಯವು 6.5ಕ್ಕೆ ಸಮವಾಗುವುದು.

ಕಾಠಿನ್ಯವನ್ನು ಕಂಡುಹಿಡಿಯುವುದಕ್ಕಾಗಿ ಲೋಹಶಾಸ್ತ್ರಜ್ಞರು ಬೇರೊಂದು ಪದ್ಧತಿಯನ್ನು ಅನುಸರಿಸುವರು. ಪರೀಕ್ಷೆಗೆ ತೆಗೆದುಕೊಂಡ ಪದಾರ್ಥದ ಮೇಲೆ

1 ಸೆಂ.ಮೀ. ವ್ಯಾಸದ ಉಕ್ಕಿನ ಗೋಲವನ್ನು ಪ್ರಮಾಣಭೂತ ಬಲ (ಸಾಧಾರಣ ವಾಗಿ 3000 ಕಿ.ಗ್ರಾಂ.ಬ)ದೊಡನೆ ಅದುಮಿ ಕಚ್ಚು ಮಾಡಲಾಗುವುದು. ಹಾಗೆ ಏರ್ಪಟ್ಟ ಸಣ್ಣ ಹಳ್ಳದ ತ್ರಿಜ್ಯವನ್ನು ಕಾಠಿನ್ಯ ಸಂಖ್ಯೆ ಎಂದು ಇಟ್ಟುಕೊಳ್ಳಲಾಗು ವುದು.

ಗೀಚುವಿಕೆಯ ಕಾಠಿನ್ಯಕ್ಕೂ ಒತ್ತುವಿಕೆಯ ಕಾಠಿನ್ಯಕ್ಕೂ ಹೊಂದಿಕೆ ಇರಬೇಕಾ ಗಿಲ್ಲ ಮತ್ತು ಗೀಚಿ ಪರೀಕ್ಷಿಸಿದರೆ ಮತ್ತೊಂದಕ್ಕಿಂತ ಗಡುಸಾಗಿರುವ ಪದಾರ್ಥವು ಅದುಮಿ ಪರೀಕ್ಷಿಸಿದಾಗ ಅದಕ್ಕಿಂತ ಮೃದುವಾಗಿರಬಹುದು.

ಆದ್ದರಿಂದ, ಮಾನಪದ್ಧತಿಯ ಮೇಲೆ ಅವಲಂಬವಾಗಿಲ್ಲದೆ ಇರುವ ಕಾಠಿನ್ಯದ ಸಾರ್ವತ್ರಿಕ ಭಾವವು ಇರುವುದಿಲ್ಲ. ಕಾಠಿನ್ಯವೆಂಬ ಭಾವವು ಯಂತ್ರಕಲಾ ಶಾಸ್ತ್ರಕ್ಕೆ ಸಂಬಂಧಪಟ್ಟ ಭಾವವೇ ವಿನಾ ಭೌತಿಕ ಭಾವವಲ್ಲ.

## ಧ್ವನಿ ಕಂಪನಗಳು ಮತ್ತು ತರಂಗಗಳು

ಆಂದೋಲನಗಳ ವಿಚಾರವಾಗಿ ಹೆಚ್ಚು ವಿಷಯವನ್ನು ವಾಚಕನಿಗೆ ನಾವು ಆಗಲೇ ತಿಳಿಸಿದ್ದೇವೆ. ಒಂದು ಲೋಲಕ ಮತ್ತು ಸ್ಪ್ರಿಂಗಿಗೆ ಕಟ್ಟಿರುವ ಒಂದು ಗೋಲ ಇವು ಹೇಗೆ ಆಂದೋಲನ ಮಾಡುತ್ತವೆ ಮತ್ತು ಒಂದು ದಾರದ ಆಂದೋ ಲನದಲ್ಲಿ ಯಾವ ಕ್ರಮಗಳಿವೆ, ಇವನ್ನೆಲ್ಲಾ ಒಂದನೆಯ ಸಂಪುಟದ ಅಧ್ಯಾಯ ಒಂದರಲ್ಲಿ ಪರಿಶೀಲಿಸಲಾಗಿದೆ. ಒಂದು ಕಾಯವು ಆಂದೋಲನ ಮಾಡುತ್ತಿರುವ ಗಾಳಿ ಅಥವಾ ಯಾವುದಾದರೂ ಇತರ ಮಾಧ್ಯಮದಲ್ಲಿ ಏನು ಸಂಭವಿಸುವುದು ಎಂಬುವರ ವಿಚಾರವಾಗಿ ಏನೂ ಹೇಳಿಲ್ಲ. ಕಂಪನಗಳಿರುವಾಗ ಮಾಧ್ಯಮವು ತಾಟಸ್ಥ್ಯಭಾವ ದಿಂದ ವರ್ತಿಸಲಾರದು ಎನ್ನುವುದರಲ್ಲಿ ಏನೂ ಸಂಶಯವಿಲ್ಲ. ಆಂದೋಲನ ಮಾಡುತ್ತಿರುವ ಒಂದು ಕಾಯವು ಗಾಳಿಯನ್ನು ನೂಕಿ, ಗಾಳಿಯ ಕಣಗಳನ್ನು ಅವುಗಳು ಮೊದಲಿದ್ದ ಸ್ಥಾನದಿಂದ ಕದಲಿಸುತ್ತವೆ. ಇದು ಹತ್ತಿರ ಇರುವ ಗಾಳಿಯ ಪದರದ ಮೇಲಿನ ಪರಿಣಾಮದಷ್ಟಕ್ಕೇ ಕೊನೆಗಾಣುವುದಿಲ್ಲವೆನ್ನುವುದೂ ಸ್ಪಷ್ಟ. ಕಾಯವು ಅತಿ ಸಮೀಪದ ಪದರವನ್ನು ತಳ್ಳುತ್ತದೆ. ಈ ಪದರವು ಮುಂದಿನ ಪದರವನ್ನು ಒತ್ತುತ್ತದೆ, ಹೀಗೆಯೇ ಪದರವಾದ ಮೇಲೆ ಪದರ, ಕಣ

ವಾದ ಮೇಲೆ ಕಣ, ಸುತ್ತಲೂ ಇರುವ ಗಾಳಿಯೆಲ್ಲಾ ಚಲನೆಗೆ ಬರುವಂತೆ ಆಗುವುದು. ಗಾಳಿಯು ಕಂಪನ ಸ್ಥಿತಿಗೆ ಬಂದಿದೆ ಅಥವಾ ಗಾಳಿಯಲ್ಲಿ **ಧ್ವನಿ ಕಂಪನಗಳು** ಉಂಟಾಗುತ್ತಿವೆ ಎಂದು ಹೇಳುತ್ತೇವೆ.

ಮಾಧ್ಯಮದ ಕಂಪನಗಳನ್ನು ಧ್ವನಿ ಕಂಪನಗಳೆಂದು ಕರೆಯುತ್ತೇವೆ, ಆದರೆ ಅವುಗಳನ್ನೆಲ್ಲಾ ಕಿವಿಯಿಂದ ಕೇಳಲಾಗುವುದು ಎಂದು ಹೇಳಲಿಲ್ಲ. ಧ್ವನಿ ಕಂಪನಗಳೆಂಬ ಭಾವವನ್ನು ಭೌತವಿಜ್ಞಾನವು ಇನ್ನೂ ಹೆಚ್ಚು ವಿಸ್ತಾರದ ಅರ್ಥದಲ್ಲಿ ಉಪಯೋಗಿಸುತ್ತದೆ. ಯಾವ ಧ್ವನಿ ಕಂಪನಗಳನ್ನು ಕೇಳಬಹುದು ಎಂಬ ಪ್ರಶ್ನೆಯನ್ನು ಮುಂದೆ ಚರ್ಚಿಸಲಾಗುವುದು.

ನಾವು ಗಾಳಿಯ ವಿಚಾರವಾಗಿ ಹೇಳುತ್ತಿರುವುದೇಕೆಂದರೆ ಧ್ವನಿಯು ವಿಶೇಷವಾಗಿ ಗಾಳಿಯಲ್ಲಿ ಪ್ರಸಾರ ಹೊಂದುವುದು. ಧ್ವನಿ ಕಂಪನಗಳನ್ನು ನೆರವೇರಿಸಲು ಏಕಸ್ವಾಮ್ಯ ಕೊಡುವ ಗಾಳಿಯ ವಿಶಿಷ್ಟ ಗುಣಗಳು ಯಾವುದೂ ಇಲ್ಲ. ಸಂಕೋಚಪಡಿಸಲಾಗುವ ಯಾವ ಮಾಧ್ಯಮದಲ್ಲಿಯಾದರೂ ಧ್ವನಿ ಕಂಪನಗಳು ಉಂಟಾಗುವುವು. ಆದರೆ ಪ್ರಕೃತಿಯಲ್ಲಿ ಅಸಂಕೋಚ್ಯವಾದ ಕಾಯಗಳು ಯಾವುವೂ ಇಲ್ಲದಿರುವುದರಿಂದ, ಯಾವ ಪದಾರ್ಥದ ಕಣಗಳಾದರೂ ಈ ಸ್ಥಿತಿಗೆ ಬರಬಹುದು. ಈ ಕಂಪನಗಳ ವ್ಯಾಸಂಗಕ್ಕೆ **ಧ್ವನಿವಿಜ್ಞಾನ** ಎಂದು ಹೆಸರು.

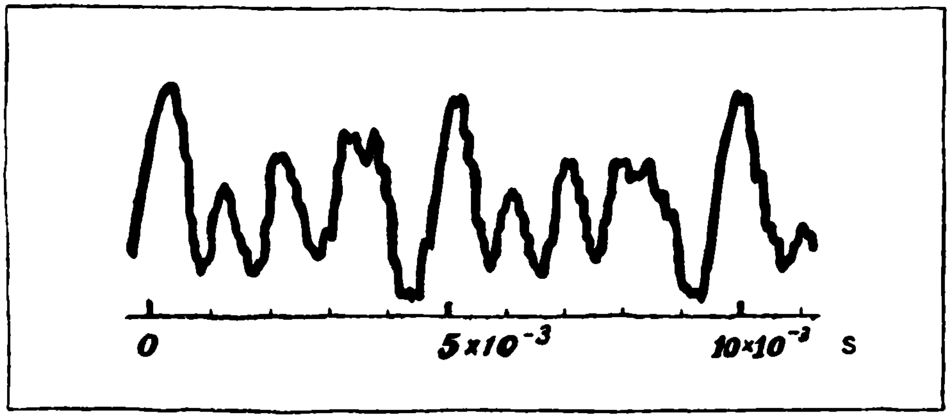
ಧ್ವನಿ ಕಂಪನಗಳ ಕಾಲದಲ್ಲಿ ಗಾಳಿಯ ಪ್ರತಿಯೊಂದು ಕಣವೂ ಸರಾಸರಿಯಾಗಿ ಒಂದೇ ಸ್ಥಾನದಲ್ಲಿರುತ್ತದೆ – ಅದು ತನ್ನ ಸಮತಾಸ್ಥಿತಿಯ ಸ್ಥಾನದ ಅಕ್ಕಪಕ್ಕದಲ್ಲಿ ಮಾತ್ರ ಆಂದೋಲನ ಮಾಡುತ್ತದೆ. ಅತ್ಯಂತ ಸರಳವಾದ ದೃಷ್ಟಾಂತದಲ್ಲಿ, ಗಾಳಿಯ ಒಂದು ಕಣವು ಸಾಂಗತಿಕ ಆಂದೋಲನವನ್ನು ನೆರವೇರಿಸಬಹುದು, ಇದು ಜ್ಯಾವಕ್ರೀಯ ನಿಯಮದ ಅನುಸಾರವಾಗಿ ನೆರವೇರುವುದು ಎಂಬುದನ್ನು ಜ್ಞಾಪಿಸಿಕೊಳ್ಳಬೇಕು. ಇಂತಹ ಒಂದು ಆಂದೋಲನವು ಕಣವು ತನ್ನ ಸಮತಾಸ್ಥಿತಿಯ ಸ್ಥಾನದಿಂದ ಹೊಂದುವ ಪರಮಾವಧಿ ವಿಕ್ಷೇಪ ಮತ್ತು ಆಂದೋಲನದ ಆವರ್ತನ ಕಾಲ, ಅಂದರೆ ಒಂದು ಸಂಪೂರ್ಣ ಆಂದೋಲನಕ್ಕೆ ಹಿಡಿಯುವ ಕಾಲ ಇವುಗಳಿಂದ ಪೂರ್ತಿಯಾಗಿ ನಿರ್ದೇಶಪಡುವುದು.

ಧ್ವನಿ ಕಂಪನಗಳ ಲಕ್ಷಣಗಳನ್ನು ವರ್ಣಿಸಲು ಆವರ್ತನಕಾಲಕ್ಕಿಂತ ಹೆಚ್ಚಾಗಿ

**ಕಂಪನ ಸಂಖ್ಯೆ** ಎಂಬ ಭಾವವನ್ನು ಬಳಸಲಾಗುವುದು. ಕಂಪನ ಸಂಖ್ಯೆ $v = 1/T$ಯು ಆವರ್ತಕಾಲದ ವ್ಯುತ್ಕ್ರಮ ಪರಿಮಾಣ. ಕಂಪನ ಸಂಖ್ಯೆಯ ಏಕಮಾನವು ವಿಪರ್ಯಯ ಸೆಕೆಂಡು ($s^{-1}$). ಕಂಪನ ಸಂಖ್ಯೆಯು 100 $s^{-1}$ ಆಗಿದ್ದರೆ, ಒಂದು ಗಾಳಿಯ ಕಣವು ಒಂದು ಸೆಕೆಂಡು ಅವಧಿಯಲ್ಲಿ 100 ಸಂಪೂರ್ಣ ಕಂಪನಗಳನ್ನು ಮಾಡುವುದು. ಭೌತವಿಜ್ಞಾನದಲ್ಲಿ ವಿಶೇಷವಾಗಿ ಒಂದು ಹರ್ಟ್ಜ್‌ಗಿಂತ ಬಹಳ ಸಲಗಳಷ್ಟು ಹೆಚ್ಚಾಗಿರುವ ಕಂಪನ ಸಂಖ್ಯೆಗಳೊಡನೆ ವ್ಯವಹರಿಸಬೇಕಾಗುವುದರಿಂದ, **ಕಿಲೊಹರ್ಟ್ಜ್** ಮತ್ತು **ಮೆಗಹರ್ಟ್ಜ್** ಎಂಬ ಏಕಮಾನಗಳನ್ನು ವ್ಯಾಪಕವಾಗಿ ಉಪಯೋಗಿಸಲಾಗಿದೆ. 1 kHz = $10^3$ Hz, 1 MHz = $10^6$ Hz.

ಕಂಪನ ಮಾಡುತ್ತಿರುವ ಕಣದ ವೇಗವು ಅದು ತನ್ನ ಸಮತಾಸ್ಥಿತಿ ಸ್ಥಾನದಲ್ಲಿ ಹಾದುಹೋಗುವಾಗ ಪರಮಾವಧಿ ಮೌಲ್ಯವುಳ್ಳದ್ದಾಗಿರುತ್ತದೆ. ಇದಕ್ಕೆ ವಿರುದ್ಧವಾಗಿ, ಪರಮಾವಧಿ ವಿಕ್ಷೇಪದ ಸ್ಥಾನಗಳಲ್ಲಿ, ಕಣದ ವೇಗವು ಶೂನ್ಯಕ್ಕೆ ಸಮವಾಗಿರುವುದು ಸಹಜವೇ ತಾನೆ. ಕಣದ ವಿಕ್ಷೇಪವು ಸಾಂಗತಿಕ ಆಂದೋಲನ ನಿಯಮಕ್ಕೆ ಒಳಪಟ್ಟಿದ್ದರೆ, ಕಂಪನದ ವೇಗದಲ್ಲಿನ ವ್ಯತ್ಯಾಸವೂ ಕೂಡ ಅದೇ ನಿಯಮವನ್ನು ಪಾಲಿಸುವುದೆಂದು ಆಗಲೇ ಹೇಳಿದ್ದೇವೆ. ವಿಕ್ಷೇಪದ ಪರಮಾವಧಿ ಮೌಲ್ಯವನ್ನು (ಆಂದೋಲನ ವೈಶಾಲ್ಯ) $s_0$ ಎಂದೂ, ವೇಗವನ್ನು $v_0$ ಎಂದೂ ನಿರ್ದೇಶಿಸಿದರೆ, ಆಗ $v_0 = 2\pi s_0/T$, ಅಥವಾ $v_0 = 2\pi v s_0$. ಗಟ್ಟಿಯಾಗಿ ಮಾತಾಡುವುದರಿಂದ ಗಾಳಿಯ ಕಣಗಳಲ್ಲಿ ಕೇವಲ ಒಂದು ಸೆಂಟಿಮೀಟರಿನ ಹಲವು ಹತ್ತು ಲಕ್ಷದಲ್ಲಿ ಒಂದು ಭಾಗದಷ್ಟು ಆಂದೋಲನ ವೈಶಾಲ್ಯದ ಕಂಪನ ಉಂಟಾಗುವುದು. ವೇಗದ ಪರಮಾವಧಿ ಮೌಲ್ಯವು ಸುಮಾರು 0.02 ಸೆಂ./ಮೀ/ಸೆ. ಆಗಿರುವುದು.

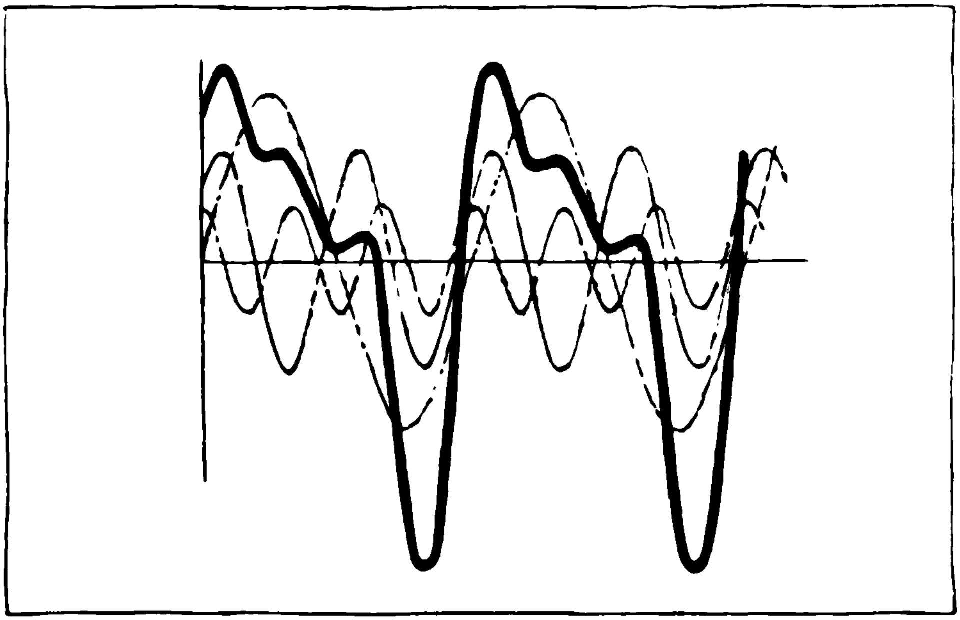
ಒಂದು ಕಣದ ವಿಕ್ಷೇಪ ಮತ್ತು ವೇಗ ಇವುಗಳೊಡನೆ ವ್ಯತ್ಯಾಸ ಹೊಂದುವ ಮತ್ತೊಂದು ಮುಖ್ಯವಾದ ಭೌತಿಕ ಪರಿಮಾಣ ಯಾವುದೆಂದರೆ **ಹೆಚ್ಚುವರಿ ಒತ್ತಡ**. ಇದನ್ನು **ಧ್ವನಿ ಒತ್ತಡ** ಎಂದೂ ಕರೆಯುತ್ತಾರೆ. ಗಾಳಿಯ ಧ್ವನಿ ಕಂಪನವು ಮಾಧ್ಯಮದ ಪ್ರತಿ ಬಿಂದುವಿನಲ್ಲಿಯೂ ಸಂಕೋಚನ ಮತ್ತು ವಿರಲನಗಳು ಒಂದಾದ ಮೇಲೊಂದು ಪುನರಾವರ್ತಿಯಾಗಿ ಏರ್ಪಡುವುದರಿಂದ ಉಂಟಾಗುವುದು. ಯಾವುದಾದರೊಂದು ಸ್ಥಾನದಲ್ಲಿಯೂ, ಗಾಳಿ ಒತ್ತಡವು, ಧ್ವನಿಯ




**ಚಿತ್ರ 6.9**

ಅಭಾವದಲ್ಲಿ ಇರುವುದಕ್ಕಿಂತ ಒಮ್ಮೆ ಹೆಚ್ಚಾಗಿಯೂ, ಒಮ್ಮೆ ಕಡಿಮೆಯಾಗಿಯೂ ಇರುತ್ತದೆ. ಒತ್ತಡದ ಈ ಹೆಚ್ಚುವರಿ (ಅಥವಾ ಕೊರೆ)ಯನ್ನೆ ಧ್ವನಿ ಒತ್ತಡ ಎಂದು ಕರೆಯುವುದು. ಧ್ವನಿ ಒತ್ತಡವು ಪ್ರಮಾಣಭೂತ ವಾಯುಮಂಡಲದ ಒತ್ತಡದ ಒಂದು ಸಣ್ಣ ಪ್ರಮಾಣದ ಭಾಗ. ಗಟ್ಟಿಯಾಗಿ ಮಾತುಡುವಾಗ, ಧ್ವನಿ ಒತ್ತಡದ ಆಂದೋಲನ ವೈಶಾಲ್ಯವು ಹೆಚ್ಚು ಕಡಿಮೆ ವಾಯುಮಂಡಲದ ಒತ್ತಡದ ಹತ್ತು ಲಕ್ಷದ ಒಂದು ಭಾಗದಷ್ಟಕ್ಕೆ ಸಮವಾಗಿರುವುದು. ಧ್ವನಿ ಒತ್ತಡವು ಕಣದ ಕಂಪನ ವೇಗಕ್ಕೆ ಅನುಲೋಮವಾಗಿರುತ್ತದೆ. ಈ ಭೌತಿಕ ಪರಿಮಾಣಗಳ ಅನುಪಾತವು ಮಾಧ್ಯಮದ ಗುಣಗಳನ್ನು ಮಾತ್ರ ಅವಲಂಬಿಸಿರುತ್ತದೆ. ಉದಾಹರಣೆಗೆ, 0.025 ಸೆಂ.ಮೀ/ಸೆ. ಕಂಪನ ವೇಗವು ಗಾಳಿಯಲ್ಲಿ 1 ಡೈನ್/ಸೆಂ.ಮೀ$^2$ ಧ್ವನಿ ಒತ್ತಡಕ್ಕೆ ಸರಿಹೊಂದುತ್ತದೆ.

ಜ್ಯಾವಕ್ರೀಯ ನಿಯಮವನ್ನನುಸರಿಸಿ ಕಂಪಿಸುತ್ತಿರುವ ದಾರವು ಗಾಳಿ ಕಣಗಳನ್ನು ಸಾಂಗತಿಕ ಆಂದೋಲನಕ್ಕೆ ತರುತ್ತದೆ. ಕೂಗಾಟಗಳೂ ಮತ್ತು ಸಂಗೀತದ ಧ್ವನಿಗಳೂ ಇದಕ್ಕಿಂತ ಹೆಚ್ಚು ಜಟಿಲವಾದ ಚಿತ್ರಕ್ಕೆ ಒಯ್ಯುತ್ತವೆ. ಚಿತ್ರ 6.9ರಲ್ಲಿ ಧ್ವನಿ ಕಂಪನಗಳ, ಅಂದರೆ ಧ್ವನಿ ಒತ್ತಡವು ಕಾಲದ ಒಂದು ಫಲನವಾಗಿ ತೋರಿಸುವ, ರೇಖಾಚಿತ್ರವನ್ನು ತೋರಿಸಿದೆ. ಈ ವಕ್ರರೇಖೆಯು ಜ್ಯಾತರಂಗವನ್ನು ಹೋಲುವುದೇ ಇಲ್ಲ. ಆದರೆ ಎಷ್ಟೇ ಜಟಿಲವಾಗಿರುವ ಕಂಪನವನ್ನೂ ಬೇರೆ ಬೇರೆ



**ಚಿತ್ರ 6.10**

ಯಾದ ವೈಶಾಲ್ಯಗಳು ಮತ್ತು ಕಂಪನ ಸಂಖ್ಯೆಗಳೂ ಉಳ್ಳ ಬಹುಸಂಖ್ಯೆಯ ಜ್ಯಾ ತರಂಗಗಳ ಅಧ್ಯಾರೋಹಣದಿಂದ ಆಗಿದೆಯೆಂದು ವರ್ಣಿಸಬಹುದು. ಈ ಸರಳ ಕಂಪನಗಳು ಜಟಿಲವಾದ ಕಂಪನದ 'ವರ್ಣಪಟಲ'ವನ್ನು ನಿರ್ಮಿಸುತ್ತವೆ. ಕಂಪನಗಳ ಇಂತಹ ಅಧ್ಯಾರೋಹಣದ ಒಂದು ಸರಳ ದೃಷ್ಟಾಂತವನ್ನು ಚಿತ್ರ 6.10ರಲ್ಲಿ ತೋರಿಸಿದೆ.

ಧ್ವನಿಯು ತತ್‌ಕ್ಷಣದಲ್ಲಿಯೇ ಎಲ್ಲೆಲ್ಲಿಗೂ ಪ್ರಸರಿಸುವ ಹಾಗಿದ್ದರೆ, ಗಾಳಿಯ ಎಲ್ಲಾ ಕಣಗಳೂ ಪರಸ್ಪರ ಹೊಂದಿಕೆಯಿಂದ ಕಂಪಿಸುತ್ತಿದ್ದುವು. ಆದರೆ ಧ್ವನಿಯು ತತ್‌ಕ್ಷಣದಲ್ಲಿಯೇ ಎಲ್ಲೆಲ್ಲಿಗೂ ಪ್ರಸರಿಸುವುದಿಲ್ಲ, ಮತ್ತು ಪ್ರಸರಣ ಪಥದಲ್ಲಿ ಇರುವ ಗಾಳಿಯ ಮೊತ್ತಗಳು, ಯಾವುದೋ ಮೂಲದಿಂದ ಬರುತ್ತಿರುವ ತರಂಗಕ್ಕೆ ಸಿಕ್ಕಿಕೊಂಡಂತೆ, ಸರದಿಯ ಪ್ರಕಾರ ಒಂದಾದ ಮೇಲೊಂದು ಚಲನೆಗೆ ಒಳಗಾಗುವುವು. ಇದೇ ರೀತಿಯಲ್ಲಿಯೇ ಒಂದು ಚಕ್ಕೆಯು ನೀರಿನೊಳಕ್ಕೆ ಎಸೆದ ಒಂದು

ಕಲ್ಲಿನಿಂದಾದ ವರ್ತುಲಾಕಾರದ ತರಂಗಗಳು ಅದನ್ನು ಮುಟ್ಟಿ ಕಂಪಿಸುವಂತೆ ಮಾಡುವವರೆಗೂ ಶಾಂತರೀತಿಯಲ್ಲಿ ನೀರಿನ ಮೇಲೆ ನಿಂತಿರುತ್ತದೆ.

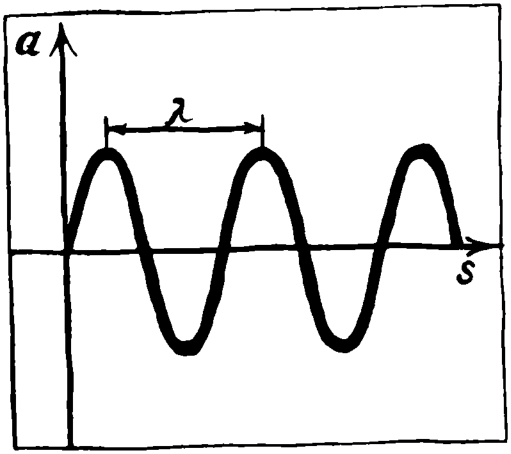
ಕಂಪಿಸುತ್ತಿರುವ ಒಂದೇ ಒಂದು ಕಣದ ಮೇಲೆ ನಾವು ನಮ್ಮ ಗಮನವನ್ನು ಮಿತಿಗೊಳಿಸಿಕೊಳ್ಳೋಣ ಮತ್ತು ಅದರ ವರ್ತನೆಯನ್ನು ಧ್ವನಿ ಪ್ರಸರಣದ ಅದೇ ರೇಖೆಯ ಮೇಲಿರುವ ಇತರ ಕಣಗಳ ಚಲನೆಯೊಡನೆ ಹೋಲಿಸಿನೋಡೋಣ. ನೆರೆಯ ಕಣವು ಸ್ವಲ್ಪ ಹೊತ್ತಿನ ಮೇಲೆ, ಅದರ ಮುಂದಿನ ಕಣವು ಇನ್ನೂ ಸ್ವಲ್ಪ ಹೊತ್ತಿನ ನಂತರ ಕಂಪಿಸಲು ಆರಂಭಿಸುವುದು. ಈ ಕಣಕ್ಕಿಂತ ಒಂದು ಪೂರಾ ಆವರ್ತದಷ್ಟು ಹಿಂದೆಬಿದ್ದಿರುವ ಮತ್ತು ಆರಂಭದ ಕಣಕ್ಕೆ ಸರಿಯಾಗಿ ಕಂಪಿಸುತ್ತಿರುವ ಕಣವನ್ನು ಸಂಧಿಸುವವರೆಗೂ ಈ ವಿಳಂಬವು ಹೆಚ್ಚುತ್ತಲೇ ಹೋಗುವುದು. ಹೀಗಾಗಿ ಮೊದಲಿಗನಿಗಿಂತ ಒಂದು ಪೂರಾ ಸುತ್ತು ಹಿಂದಿರುವ ಜಯಶೀಲನಲ್ಲದ ಒಬ್ಬ ಓಡುವವನು ಮುಕ್ತಾಯದ ಗೆರೆಯನ್ನು ಮೊದಲಿಗನ ಜೊತೆಯಲ್ಲಿಯೇ ದಾಟಬಹುದು. ಆದರೆ ಆರಂಭದ ಕಣದ ಜೊತೆಯಲ್ಲಿ ಸರಿಸಮವಾಗಿ ಕಂಪಿಸುತ್ತಿರುವ ಬಿಂದುವನ್ನು ಎಷ್ಟು ದೂರದಲ್ಲಿ ಸಂಧಿಸುತ್ತೇವೆ ? $\lambda$ ಎಂಬ ಈ ದೂರವು ಧ್ವನಿಯ ಪ್ರಸರಣ ವೇಗ $c$ ಮತ್ತು ಆವರ್ತನಕಾಲ $T$ ಇವುಗಳ ಗುಣಲಬ್ಧಕ್ಕೆ ಸಮವಾಗಿರುವುದೆಂದು ಕಂಡುಕೊಳ್ಳುವುದು ಕಷ್ಟವಲ್ಲ. $\lambda$ ಎಂಬ ಈ ದೂರವನ್ನು **ತರಂಗಾಂತರ** ಎಂದು ಕರೆಯಲಾಗುವುದು :

$$\lambda = cT$$

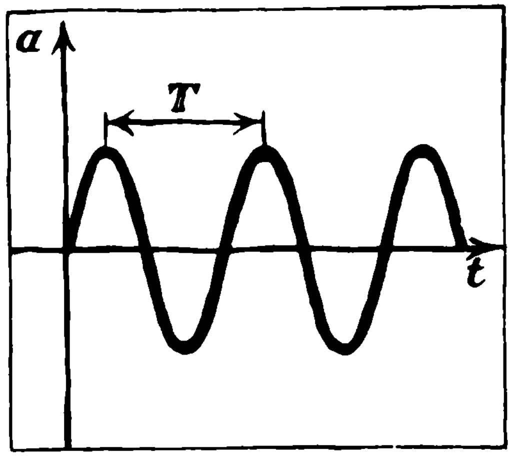
ಸರಿಸಮವಾಗಿ ಕಂಪಿಸುತ್ತಿರುವ ಬಿಂದುಗಳು $\lambda$ ಉದ್ದದ ಅಂತರಗಳಲ್ಲಿ ಸಿಕ್ಕುತ್ತವೆ. ಒಂದು ಕನ್ನಡಿಗೆ ಲಂಬವಾಗಿ ಕಂಪಿಸುತ್ತಿರುವ ಒಂದು ವಸ್ತುವು ತನ್ನ ಪ್ರತಿಬಿಂಬಕ್ಕೆ ಸಂಬಂಧಿಸಿದಂತೆ ಹೇಗೆ ಚಲಿಸುತ್ತದೆಯೋ ಹಾಗೆ, $\lambda/2$ ದೂರದಷ್ಟು ಅಗಲಿರುವ ಬಿಂದುಗಳು ಚಲಿಸುತ್ತವೆ.

ಸಾಂಗತಿಕ ಧ್ವನಿಯ ಪ್ರಸರಣ ರೇಖೆಯ ಮೇಲಿರುವ ಎಲ್ಲಾ ಬಿಂದುಗಳ ಸ್ಥಾನ ಪಲ್ಲಟವನ್ನು (ಅಥವಾ ವೇಗ ಅಥವಾ ಧ್ವನಿ ಒತ್ತಡ) ರೇಖಿಸಿದರೆ, ಆಗ ಪುನಃ ಒಂದು ಜ್ಯಾ ತರಂಗವನ್ನು ಕಾಣುತ್ತೇವೆ.

ತರಂಗ ಚಲನೆ ಮತ್ತು ಕಂಪನ ಇವುಗಳ ರೇಖಾ [illegible]ನ್ನು ಒಂದೇ ಎಂದು




ಚಿತ್ರ 6.11




ಚಿತ್ರ 6.12

ಭ್ರಮಿಸಕೂಡದು. ಚಿತ್ರ 6.11 ಮತ್ತು 6.12 ಇವುಗಳ ನಡುವೆ ಬಹು ತೀವ್ರವಾದ ಹೋಲಿಕೆ ಇರುವುದು, ಆದರೆ ಮೊದಲಿನದರಲ್ಲಿ ಕ್ಷಿತಿಜ ದಿಕ್ಕಿನ ಅಕ್ಷವ ಮೇಲೆ ದೂರವನ್ನು ಗುರ್ತಿಸಿದೆ, ಎರಡನೆಯದರಲ್ಲಿಯಾದರೊ ಕಾಲವನ್ನು. ಒಂದು ಚಿತ್ರವು ಕಂಪನವು ಕಾಲಕ್ರಮದಲ್ಲಿ ಹೇಗೆ ಬೆಳೆಯುತ್ತದೆ ಎಂಬುದನ್ನು ತೋರಿಸುತ್ತದೆ, ಮತ್ತೊಂದು, ತರಂಗದ ಒಂದು ಕ್ಷಣಮಾತ್ರದ "ಫೋಟೋ" ಚಿತ್ರ. ಈ ಎರಡು ರೇಖಾಚಿತ್ರಗಳನ್ನು ಹೋಲಿಸಿನೋಡುವುದರಿಂದ ತಿಳಿದುಬರುವುದೇನೆಂದರೆ ತರಂಗಾಂತರವನ್ನು ಅದರ ಪ್ರಾದೇಶಿಕ ಆವರ್ತನ ಅವಧಿ ಎಂದೂ ಪರಿಗಣಿಸಬಹುದು ಎಂದು : $T$ ಎಂಬುದು ಕಾಲದ ಸಂಬಂಧದಲ್ಲಿ ಹೊಂದಿರುವ ಪಾತ್ರವನ್ನೇ $\lambda$ ಎಂಬ ಪರಿಮಾಣವು ಪ್ರದೇಶ ಸಂಬಂಧದಲ್ಲಿ ಹೊಂದಿರುತ್ತದೆ.

ಒಂದು ಧ್ವನಿ ತರಂಗದ ರೇಖಾಚಿತ್ರದಲ್ಲಿ, ಒಂದು ಕಣದ ಸ್ಥಾನಪಲ್ಲಟಗಳನ್ನು ಊರ್ಧ್ವ ದಿಕ್ಕಿನ ಅಕ್ಷದ ಮೇಲೆ ಗುರ್ತಿಸಲಾಗುವುದು ಮತ್ತು ಕ್ಷಿತಿಜ ದಿಕ್ಕಿನ ಅಕ್ಷವು ದೂರಗಳನ್ನು ಗುರ್ತಿಸಿರುವ ತರಂಗ ಪ್ರಸರಣದ ದಿಕ್ಕು. ಇದನ್ನು ನೋಡಿ ಕಣಗಳು ತರಂಗದ ಪ್ರಸರಣದ ದಿಕ್ಕಿಗೆ ಲಂಬವಾಗಿ ಸ್ಥಾನಪಲ್ಲಟ ಹೊಂದುತ್ತವೆ ಎಂಬ ತಪ್ಪು ಭಾವನೆ ಏರ್ಪಡಬಹುದು. ವಾಸ್ತವದಲ್ಲಿ, ಗಾಳಿಯ ಕಣಗಳು ಯಾವಾಗಲೂ ಧ್ವನಿ

ಪ್ರಸರಣದ ದಿಕ್ಕಿನಲ್ಲಿಯೇ ಕಂಪಿಸುವುವು. ಇಂತಹ ತರಂಗಕ್ಕೆ **ಪ್ರಸರಣಾನುಸಾರಿ ಪಲ್ಲಟ ತರಂಗ** ಎಂದು ಹೆಸರು.

ಬೆಳಕಿನ ವೇಗವು ಧ್ವನಿಯ ವೇಗಕ್ಕಿಂತ ಅತ್ಯಂತ ಹೆಚ್ಚು ಪ್ರಮಾಣದ್ದು; ಬೆಳಕು ಕ್ಷಣಮಾತ್ರದಲ್ಲಿಯೇ ಎಂಬುವಷ್ಟು ವೇಗದಿಂದ ಪ್ರಸಾರವಾಗುವುದು. ಗುಡುಗು ಮತ್ತು ಮಿಂಚು ಇವೆರಡೂ ಒಟ್ಟಿಗೆ ಒಂದೇ ಕಾಲದಲ್ಲಿ ಸಂಭವಿಸುವುವು; ಮಿಂಚಿನ ಹೊಳಪನ್ನು ವಿಸರ್ಜನದ ಕ್ಷಣದಲ್ಲಿಯೇ ಕಾಣುತ್ತೇವೆ. ಆದರೆ ಗುಡುಗಿನ ಸದ್ದು ಹೆಚ್ಚು ಕಮ್ಮಿ ಮೂರು ಸೆಕೆಂಡುಗಳಲ್ಲಿ ಒಂದು ಮೀಟರಿನ ವೇಗದಲ್ಲಿ (ಗಾಳಿಯಲ್ಲಿ ಧ್ವನಿಯ ವೇಗವು 330 ಮೀ./ಸೆ.) ನಮ್ಮನ್ನು ತಲಪುತ್ತದೆ. ಆದ್ದರಿಂದ, ನಾವು ಗುಡುಗನ್ನು ಕೇಳಿದಾಗ, ಆ ಮಿಂಚು ನಮ್ಮನ್ನು ಬಡಿಯುವುದೆಂಬ ಹೆದರಿಕೆಯೇನೂ ಇರುವುದಿಲ್ಲ.

ಧ್ವನಿಯ ಪ್ರಸರಣ ವೇಗವು ತಿಳಿದಿದ್ದರೆ, ಒಂದು ಗುಡುಗು ಮಳೆಯು ಎಷ್ಟು ದೂರದಲ್ಲಿ ಹುಯ್ಯುತ್ತಿರುವುದೆಂಬುದನ್ನು ವಾಡಿಕೆಯಾಗಿ ಕಂಡುಹಿಡಿಯಬಹುದು. ಮಿಂಚು ಹೊಳೆದಾಗಿನಿಂದ ಗುಡುಗಿನ ಆರ್ಭಟದವರೆಗೆ 12 ಸೆಕೆಂಡುಗಳು ಕಳೆದಿದ್ದರೆ, ಆಗ ಗುಡುಗು ಮಳೆಯು ನಾಲ್ಕು ಕಿಲೋಮೀಟರ್ ದೂರದಲ್ಲಿರುವುದು.

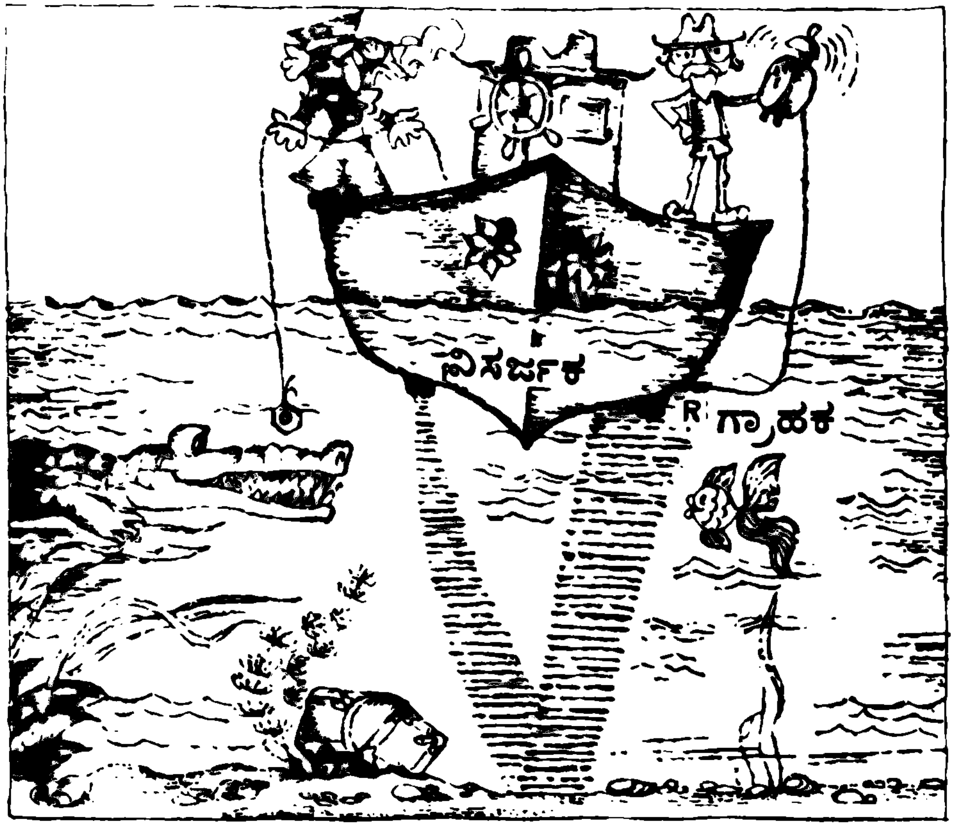
ಅನಿಲಗಳಲ್ಲಿ ಧ್ವನಿಯ ವೇಗವು ಹೆಚ್ಚು ಕಡಿಮೆ ಅವುಗಳ ಅಣುಗಳ ಚಲನೆಯ ಸರಾಸರಿ ವೇಗಕ್ಕೆ ಸಮವಾಗಿರುವುದು. ಇದೂ ಅಲ್ಲದೆ ಅದು ಅನಿಲದ ಸಾಂದ್ರತೆಯ ಮೇಲೆ ಅವಲಂಬವಾಗಿರುವುದಿಲ್ಲ ಮತ್ತು ಪರಮ ಉಷ್ಣಾಂಶ ಅಥವಾ ಪರಮ ತಾಪದ ವರ್ಗಮೂಲಕ್ಕೆ ಅನುಲೋಮವಾಗಿರುವುದು. ದ್ರವಗಳು ಅನಿಲಗಳಿಗಿಂತ ಹೆಚ್ಚು ವೇಗದಿಂದ ಧ್ವನಿಯನ್ನು ಪ್ರಸಾರಮಾಡುತ್ತವೆ. ನೀರಿನಲ್ಲಿ ಧ್ವನಿಯು 1450 ಮೀ/ಸೆ. ವೇಗದಲ್ಲಿ, ಅಂದರೆ ಗಾಳಿಯಲ್ಲಿ ಆಗುವುದಕ್ಕಿಂತ 4.5 ಸಲಗಳಷ್ಟು ಹೆಚ್ಚು ವೇಗದಲ್ಲಿ ಪ್ರಸಾರವಾಗುತ್ತದೆ. ಘನ ಪದಾರ್ಥಗಳಲ್ಲಿ ಧ್ವನಿಯ ವೇಗವು ಇನ್ನೂ ಹೆಚ್ಚು; ಉದಾಹರಣೆಗೆ, ಕಬ್ಬಿಣದಲ್ಲಿ ಅದು ಸುಮಾರು 6000 ಮೀ/ಸೆ. ಆಗಿರುತ್ತದೆ.

ಧ್ವನಿಯು ಒಂದು ಮಾಧ್ಯಮದಿಂದ ಮತ್ತೊಂದಕ್ಕೆ ಸಾಗಿಹೋದರೆ, ಅದರ ಪ್ರಸರಣ ವೇಗವು ಬದಲಾಗುವುದು. ಆದರೆ, ಅದೇ ಕಾಲದಲ್ಲೇ ಮತ್ತೊಂದು ಸ್ವಾರಸ್ಯಕರವಾದ ವಿದ್ಯಮಾನ ಸಂಭವಿಸುವುದು – ಅದೇನೆಂದರೆ, ಎರಡು ಮಾಧ್ಯಮ

ಗಳ ನಡುವಿನ ಎಲ್ಲೆಯಿಂದ ಧ್ವನಿಯ ಭಾಗಶಃ ಪ್ರತಿಫಲನ. ಪ್ರತಿ ಫಲಿತವಾಗುವ ಧ್ವನಿಯ ಅಂಶವು ಮುಖ್ಯವಾಗಿ ಎರಡು ಸಾಂದ್ರತೆಗಳ ಅನುಪಾತವನ್ನು ಅವಲಂಬಿಸಿರುವುದು. ಗಾಳಿಯಲ್ಲಿ ಸಾಗುತ್ತಿರುವ ಧ್ವನಿಯು ಒಂದು ಗಟ್ಟಿಯಾದ ಅಥವಾ ದ್ರವದ ಮೇಲ್ಮೈಯಲ್ಲಿ ಅಥವಾ ಇದಕ್ಕೆ ವಿಪರ್ಯಯವಾಗಿ ಸಾಂದ್ರವಾದ ಒಂದು ಮಾಧ್ಯಮದಿಂದ ಗಾಳಿಯಲ್ಲಿ ಆಪಾತವಾದಾಗ ಧ್ವನಿಯು ಹೆಚ್ಚು ಕಡಿಮೆ ಪೂರ್ತಿಯಾಗಿ ಪ್ರತಿಫಲಿತವಾಗುವುದು. ಧ್ವನಿಯು ಗಾಳಿಯಿಂದ ನೀರಿನೊಳಕ್ಕೆ ಆಗಲಿ ಅಥವಾ ಪ್ರತಿಯಾಗಿ ನೀರಿನಿಂದ ಗಾಳಿಗೆ ಸಾಗಿಹೋದರೆ, ಧ್ವನಿಯ ಸಾವಿರದ ಒಂದು ಭಾಗದಷ್ಟು ಮಾತ್ರ ಎರಡನೆಯ ಮಾಧ್ಯಮಕ್ಕೆ ಹೋಗುತ್ತದೆ. ಎರಡು ಮಾಧ್ಯಮಗಳೂ ಸಾಂದ್ರವಾಗಿದ್ದರೆ, ಸಾಗಕೊಟ್ಟ ಮತ್ತು ಪ್ರತಿಫಲಿಸಲ್ಪಟ್ಟ ಧ್ವನಿಯ ಅನುಪಾತವು ಸಣ್ಣ ಪರಿಮಾಣದ್ದಾಗಿರಬಹುದು. ಉದಾಹರಣೆಗೆ, ನೀರಿನಿಂದ ಉಕ್ಕಿನೊಳಕ್ಕೆ ಅಥವಾ ಉಕ್ಕಿನಿಂದ ನೀರಿನೊಳಕ್ಕೆ ಶೇಕಡಾ 13ರಷ್ಟು ಧ್ವನಿಯು ಸಾಗುತ್ತದೆ ಮತ್ತು ಶೇಕಡಾ 87ರಷ್ಟು ಪ್ರತಿಫಲಿಸಲ್ಪಡುತ್ತದೆ.

ಧ್ವನಿಯ ಪ್ರತಿಫಲನವನ್ನು ಸಮುದ್ರಯಾನದಲ್ಲಿ ವಿಶೇಷವಾಗಿ ಬಳಸಲಾಗಿದೆ. ಆಳಗಳನ್ನು ಅಳತೆಮಾಡುವ ಸಲಕರಣೆಯಾದ ಧ್ವಾನಿಕ ಗಭೀರತಾಮಾಪಕ (ಆಳವನ್ನಳೆಯುವ ಶಬ್ದ ಸಲಕರಣೆ) ಎಂಬ ಸಲಕರಣೆಯು ಇದನ್ನು ಆಧರಿಸಿದೆ. ಶಬ್ದದ ಮೂಲ ಒಂದನ್ನು ನೀರಿನ ಒಳಗೆ ಒಂದು ನೌಕೆಯ ಒಂದು ಪಕ್ಕದಲ್ಲಿ ಇಡಲಾಗಿದೆ (ಚಿತ್ರ 6.13). ಬಿಟ್ಟುಬಿಟ್ಟು ಬರುವ (ಅಸಂತತ) ಸದ್ದು ಧ್ವನಿಯ ಕಿರಣಗಳನ್ನು ಉಂಟುಮಾಡುತ್ತದೆ, ಇವು ನೀರಿನ ಗಾತ್ರದ ಮೂಲಕ ಸಮುದ್ರದ ಅಥವಾ ನದಿಯ ತಳವನ್ನು ತಲಪಿ, ತಳದಿಂದ ಪ್ರತಿಫಲಿಸಲ್ಪಟ್ಟು, ಅವುಗಳ ಭಾಗ ಮಾತ್ರವು ನೌಕೆಗೆ ಹಿಂತಿರುಗುತ್ತವೆ. ಅಲ್ಲಿ ಸೂಕ್ಷ್ಮವಾದ ಉಪಕರಣಗಳು ಅವುಗಳನ್ನು ಹಿಡಿಯುತ್ತವೆ. ಈ ಪ್ರವಾಸಕ್ಕೆ ಧ್ವನಿಯು ಎಷ್ಟು ಕಾಲ ತೆಗೆದುಕೊಂಡಿತು ಎಂಬುದನ್ನು ನಿಷ್ಕೃಷ್ಟವಾದ ಗಡಿಯಾರಗಳು ತೋರಿಸುತ್ತವೆ. ನೀರಿನಲ್ಲಿ ಧ್ವನಿಯ ವೇಗವು ತಿಳಿದಿದೆ ಮತ್ತು ಸರಳ ಗಣನೆಯ ಮೂಲಕ ಆಳದ ವಿಚಾರವಾಗಿ ನಿಖರವಾದ ತಿಳಿವಳಿಕೆಯನ್ನು ಹೊಂದಬಹುದು.

ಧ್ವನಿಯನ್ನು ಅಧೋದಿಕ್ಕಿಗೆ ಬದಲಾಗಿ ಮುಂದುಗಡೆಗಾಗಲಿ ಅಥವಾ




ಚಿತ್ರ 6.13

ಪಕ್ಕಕ್ಕಾಗಲಿ ಗುರಿಮಾಡಿದರೆ, ಇದರ ಸಹಾಯದಿಂದ ನೌಕೆಯ ಹತ್ತಿರ ಯಾವುದಾದರೂ ಅಪಾಯಕರವಾದ ನೀರೊಳಗಣ ಬಂಡೆ ಅಥವಾ ದಿಬ್ಬವೊ ಅಥವಾ ಆಳದಲ್ಲಿ ಮುಳುಗಿರುವ ನೀರ್ಗಲ್ಲ ಗುಡ್ಡಗಳೋ ಇರುವುವೇ ಎಂಬುದನ್ನು ಕಂಡುಹಿಡಿಯಬಹುದು.

ಕಂಪಿಸುತ್ತಲಿರುವ ಒಂದು ಕಾಯವನ್ನು ಸುತ್ತುವರಿದಿರುವ ಗಾಳಿಯ ಕಣಗಳೆಲ್ಲವೂ ಕಂಪನ ಸ್ಥಿತಿಯಲ್ಲಿರುತ್ತವೆ. ಮೊದಲನೆಯ ಪುಸ್ತಕದಲ್ಲಿ ವಿವರಿಸಿರುವಂತೆ, ವ್ಯಾಪಕ ನಿಯಮವನ್ನನುಸರಿಸಿ ಕಂಪಿಸುತ್ತಿರುವ ದ್ರವ್ಯಾಂಶ ಬಿಂದುವು ನಿರ್ದಿಷ್ಟವೂ ಮತ್ತು ಅವ್ಯತ್ಯಸ್ತವೂ ಆಗಿರುವ ಒಟ್ಟು ಶಕ್ತಿಯನ್ನು ಹೊಂದಿರುವುದು.

ಕಂಪಿಸುತ್ತಿರುವ ಬಿಂದುವು ತನ್ನ ಸಮತಾಸ್ಥಿತಿಯ ಸ್ಥಾನದ ಮೂಲಕ ಹಾಯು ವಾಗ, ಅದರ ವೇಗವು ಪರಮಾವಧಿ ಪರಿಮಾಣವುಳ್ಳದ್ದಾಗಿರುವುದು. ಈ ಕ್ಷಣ ದಲ್ಲಿ ಬಿಂದುವಿನ ವಿಸ್ಥಾಪನವು ಶೂನ್ಯಕ್ಕೆ ಸಮವಾಗಿರುವುದರಿಂದ, ಶಕ್ತಿಯು ಸಂಪೂರ್ಣವಾಗಿ ಚಲನ ಶಕ್ತಿಯಾಗಿರುವುದು :

$$E=\frac{mv_{max}^2}{2}$$

ಆದ್ದರಿಂದ ಒಟ್ಟು ಶಕ್ತಿಯು ಕಂಪನದ ವೇಗ ವೈಶಾಲ್ಯದ ವರ್ಗಕ್ಕೆ ಅನು ಲೋಮವಾಗಿರುವುದು.

ಒಂದು ಧ್ವನಿ ತರಂಗದಲ್ಲಿ ಕಂಪಿಸುತ್ತಿರುವ ಗಾಳಿ ಕಣಗಳ ವಿಷಯದಲ್ಲೂ ಇದು ಸರಿಯಾಗಿರುವುದು. ಆದರೆ ಗಾಳಿ ಕಣವೆಂಬುದು ಒಂದು ಅನಿಶ್ಚಿತ ಭಾವ. ಆದ್ದರಿಂದ ಧ್ವನಿ ಶಕ್ತಿಯನ್ನು ಪ್ರತಿ ಘನ ಅಳತೆಯ ಏಕಮಾನಕ್ಕೆ ಎಷ್ಟು ಎಂದು ನಿರ್ದೇಶಿಸಲಾಗುವುದು. ಈ ಪರಿಮಾಣವನ್ನು ಧ್ವನಿ ಶಕ್ತಿಯ ಸಾಂದ್ರತೆ ಎಂದು ಕರೆಯಬಹುದು.

ಘನ ಅಳತೆಯ ಒಂದು ಏಕಮಾನದ ದ್ರವ್ಯಾಂಶವು ಸಾಂದ್ರತೆ $\rho$ ಆಗುವುದ ರಿಂದ, ಧ್ವನಿ ಶಕ್ತಿಯ ಸಾಂದ್ರತೆಯು

$$w=\frac{\rho v_{max}^2}{2}$$

ಆಗುವುದು.

ಜ್ಯಾವಕ ನಿಯಮವನ್ನನುಸರಿಸಿ ಮತ್ತು ಅಷ್ಟೇ ವೇಗ ಮತ್ತು ಕಂಪನ ಸಂಖ್ಯೆ ಯೊಡನೆ ಕಂಪಿಸುವ ಮತ್ತೊಂದು ಮುಖ್ಯವಾದ ಭೌತಿಕ ಪರಿಮಾಣದ ವಿಚಾರವಾಗಿ ನಾವು ಮೇಲೆ ಹೇಳಿದ್ದೇವೆ. ಇದು ಧ್ವನಿ ಅಥವಾ ಹೆಚ್ಚುವರಿ ಒತ್ತಡ. ಈ ಪರಿಮಾಣಗಳು ಒಂದಕ್ಕೊಂದು ಅನುಲೋಮವಾಗಿರುವುದರಿಂದ, ಶಕ್ತಿಯ ಸಾಂದ್ರತೆಯು ಧ್ವನಿ ಒತ್ತಡದ ವೈಶಾಲ್ಯದ ವರ್ಗಕ್ಕೆ ಅನುಲೋಮವಾಗಿರುವುದು ಎಂದು ಹೇಳಬಹುದು.

ಗಟ್ಟಿಯಾದ ಸಂಭಾಷಣೆಯಲ್ಲಿ ಧ್ವನಿ ಕಂಪನದ ವೇಗದ ಪರಮಾವಧಿ

ಮೌಲ್ಯವು 0.02 ಸೆಂ.ಮೀ./ಸೆ.ಗೆ ಸಮವಾಗಿರುವುದು. ಗಾಳಿಯ ಒಂದು ಘನ ಸೆಂಟಿಮೀಟರಿನ ತೂಕವು ಸುಮಾರು 0.001 ಗ್ರಾಂ ಆಗಿರುವುದು. ಆದ್ದರಿಂದ, ಶಕ್ತಿಯ ಸಾಂದ್ರತೆಯು,

$$\frac{1}{2} \times 10^{-3} \times 0.02^{2} \text{ ಎರ್ಗ್/ಸೆಂ.ಮೀ}^{3} = 2 \times 10^{-7} \text{ ಎರ್ಗ್/ಸೆಂ.ಮೀ}^{3}$$

ಗೆ ಸಮನಾಗಿರುವುದು.

ಒಂದು ಧ್ವನಿಮೂಲವು ಧ್ವನಿಯನ್ನು ಹೊರಸೂಸುತ್ತಿದೆ ಎಂದು ಇಟ್ಟುಕೊಳ್ಳೋಣ. ಅದು ಸುತ್ತಮುತ್ತಲಿನ ಗಾಳಿಯಲ್ಲಿ ಧ್ವನಿ ಶಕ್ತಿಯನ್ನು ವಿಕಿರಣ ಮಾಡುತ್ತದೆ. ಕಂಪಿಸುತ್ತಿರುವ ಕಾಯದಿಂದ ಶಕ್ತಿಯು "ಹರಿಯುತ್ತಿದೆಯೋ" ಎಂಬಂತೆ ಕಾಣುವುದು. ಧ್ವನಿ ಪ್ರಸರಣ ದಿಕ್ಕಿಗೆ ಲಂಬವಾಗಿರುವ ಪ್ರತಿ ಒಂದು ಕ್ಷೇತ್ರಫಲದ ಅಲ್ಪಾಂಶದ ಮೂಲಕವೂ ಒಂದು ಸೆಕೆಂಡು ಅವಧಿಯಲ್ಲಿ ಒಂದು ನಿರ್ದಿಷ್ಟ ಮೊತ್ತದ ಶಕ್ತಿ ಹರಿಯುತ್ತದೆ. ಈ ಮೊತ್ತಕ್ಕೆ ಕ್ಷೇತ್ರಫಲದ ಅಲ್ಪಾಂಶದ ಮೂಲಕ ಸಾಗುವ **ಶಕ್ತಿಯ ಪ್ರವಾಹ ದರ** ಎಂದು ಹೆಸರು. ಇದಲ್ಲದೆ, 1 ಸೆಂ.ಮೀ$^{2}$ ಇರುವ ಒಂದು ಕ್ಷೇತ್ರಫಲದ ಅಲ್ಪಾಂಶವನ್ನು ತೆಗೆದುಕೊಂಡರೆ, ಅದರ ಮೂಲಕ ಹಾದುಹೋಗುವ ಶಕ್ತಿಯ ಮೊತ್ತಕ್ಕೆ **ಧ್ವನಿ ತರಂಗದ ತೀವ್ರತೆ** ಎಂದು ಹೆಸರು.

ಧ್ವನಿಯ ತರಂಗದ ತೀವ್ರತೆ $I$ ಎಂಬುದು ಶಕ್ತಿ ಸಾಂದ್ರತೆ $w$ ಮತ್ತು ಧ್ವನಿಯ ವೇಗ $c$ ಇವುಗಳ ಗುಣಲಬ್ಧಕ್ಕೆ ಸಮ ಎಂದು ಕಂಡುಕೊಳ್ಳುವುದು ಕಷ್ಟವಲ್ಲ. 1-ಸೆಂ.ಮೀ. ಎತ್ತರ ಮತ್ತು 1-ಸೆಂ.ಮೀ$^{2}$ ಅಡಿ ಕ್ಷೇತ್ರಫಲವಿರುವ ಮತ್ತು ಧ್ವನಿ ಪ್ರಸರಣ ದಿಕ್ಕಿಗೆ ಸಮಾಂತರವಾದ ಜನಕರೇಖೆಗಳನ್ನು ಹೊಂದಿರುವ ಒಂದು ಸಣ್ಣ ವರ್ತುಲಸ್ತಂಭವನ್ನು ಕಲ್ಪಿಸಿಕೊಳ್ಳಿ. ಇಂತಹ ವರ್ತುಲಸ್ತಂಭದಲ್ಲಿ ಅಡಗಿರುವ $w$ ಮೊತ್ತದ ಶಕ್ತಿಯು $1/c$ ಕಾಲದ ಅವಧಿಯಲ್ಲಿ ಅದನ್ನು ಸಂಪೂರ್ಣವಾಗಿ ಬಿಡುತ್ತದೆ. ಆದ್ದರಿಂದ, $w\,(1/c)$, ಅಂದರೆ $wc$ ಮೊತ್ತದ ಶಕ್ತಿಯು ಕಾಲದ ಒಂದು ಏಕಮಾನದಲ್ಲಿ ಕ್ಷೇತ್ರಫಲದ ಒಂದು ಏಕಮಾನದ ಮೂಲಕ ಸಾಗುತ್ತದೆ. ಶಕ್ತಿಯು ಧ್ವನಿಯ ವೇಗದೊಡನೆ ಚಲಿಸುತ್ತಿರುವಂತೆ ತೋರುವುದು.

ಗಟ್ಟಿಯಾದ ಸಂಭಾಷಣೆಯ ಕಾಲದಲ್ಲಿ, ಮಾತನಾಡುತ್ತಿರುವವರ ಹತ್ತಿರದಲ್ಲಿ

ಧ್ವನಿಯ ತರಂಗದ ತೀವ್ರತೆಯು ಹೆಚ್ಚುಕಡಿಮೆ (ಮೇಲೆ ಲಭಿಸಿದ ಸಂಖ್ಯೆಯನ್ನು ಉಪಯೋಗಿಸಿಕೊಂಡಿರುತ್ತೇವೆ)

$2\times10^{-7}\times3\times10^{4}=0.006$ ಎರ್ಗ್/ಸೆ.ಮೀ². ಸೆ. ಗೆ ಸಮವಾಗಿರುವುದು.

## ಶ್ರವ್ಯ ಮತ್ತು ಅಶ್ರವ್ಯ ಸ್ಥಾಯಿಗಳು

ಆದರೆ ಯಾವ ಧ್ವನಿಗಳನ್ನು ಮನುಷ್ಯರ ಕಿವಿಯು ಗ್ರಹಿಸಬಲ್ಲದು? ಸುಮಾರು 20 ರಿಂದ 20 000 Hz ಅಂತರದ ಒಳಗಿರುವ ಕಂಪನಗಳನ್ನು ಮಾತ್ರ ಕಿವಿಯು ಗ್ರಹಿಸಬಲ್ಲುದು ಎಂದು ತಿಳಿದುಬರುತ್ತದೆ. ದೊಡ್ಡ ಪ್ರಮಾಣದ ಕಂಪನ ಸಂಖ್ಯೆಯ ಧ್ವನಿಗಳನ್ನು ಉಚ್ಚ–ಸ್ಥಾಯಿ ಎಂದೂ ಮತ್ತು ಸಣ್ಣ ಕಂಪನ ಸಂಖ್ಯೆಯ ಧ್ವನಿಗಳನ್ನು ನೀಚ–ಸ್ಥಾಯಿ ಎಂದೂ ಕರೆಯುವರು.

ಹಾಗಾದರೆ, ಈ ಶ್ರವ್ಯ ಸಂಖ್ಯಾಮಿತಿಗಳಿಗೆ ಸರಿಹೋಗುವ ತರಂಗಾಂತರಗಳು ಯಾವುವು? ಧ್ವನಿಯ ವೇಗವು ಸುಮಾರು 300 ಮೀ/ಸೆ.ಗೆ ಸಮವಾಗಿರುವುದರಿಂದ, $\lambda = cT = c/\nu$ ಎಂಬ ಸೂತ್ರವನ್ನು ಬಳಸಿಕೊಂಡರೆ, ಶ್ರವ್ಯ ಸ್ಥಾಯಿಗಳಿಗೆ ಸರಿಹೋಗುವ ತರಂಗಾಂತರಗಳು ಇರುವ ಮಿತಿಗಳು ಯಾವುವೆಂದರೆ ಅತಿ ತಗ್ಗು ಸ್ವರಗಳಿಗೆ 15 ಮೀ.ಗಳಿಂದ ಅತ್ಯುಚ್ಚ ಸ್ಥಾಯಿ ಸ್ವರಗಳಿಗೆ 3 ಸೆಂ.ಮೀ.ಗಳು.

ಮತ್ತು ಈ ಕಂಪನಗಳನ್ನು ನಾವು ಹೇಗೆ "ಕೇಳುತ್ತೇವೆ" ?

ಶ್ರವಣೇಂದ್ರಿಯವು ಕೆಲಸಮಾಡುವ ರೀತಿಯು ಇನ್ನೂ ಪೂರ್ತಿಯಾಗಿ ವಿಶದವಾಗಿಲ್ಲ. ವಿಶದವಾದ ಸ್ವಲ್ಪಾಂಶವೇನೆಂದರೆ, ಒಳಗಿನ ಕಿವಿಯು (ಕಾಕ್ಲಿಯ, ಶಂಖದ [illegible] ಉದ್ದುವ ಮತ್ತು ದ್ರವ ತುಂಬಿದ ಕಾಲುವೆ) ನಾಳಯುಕ್ತ ಕಿವಿಯ ಪೊರೆಯ ಮೂಲಕ ಕಾಕ್ಲಿಯಕ್ಕೆ ರವಾನಿಸಲ್ಪಟ್ಟ ಧ್ವನಿ ಕಂಪನಗಳನ್ನು ಗ್ರಹಿಸಬಲ್ಲ ಸಾವಿರಾರು ಸಂವೇದಿ ನರಗಳನ್ನು ಒಳಗೊಂಡಿದೆ. ಧ್ವನಿಯ ಕಂಪನ ಸಂಖ್ಯೆಯನ್ನವಲಂಬಿಸಿ ಕಾಕ್ಲಿಯದ ಒಂದೇ ಅಥವಾ ಮತ್ತೊಂದೋ ಭಾಗವು ಹೆಚ್ಚು ತೀವ್ರವಾಗಿ ಕಂಪಿಸುತ್ತದೆ. ಕಾಕ್ಲಿಯಾದ ಕಂಪನಗಳು ಸಂವೇದಿ ನರಗಳು. ಅವುಗಳಲ್ಲಿ ಬಹುಸಂಖ್ಯಾತ ನರಗಳು ಒಂದೇ ಕಾಲದಲ್ಲಿ ಪ್ರಚೋದಿಸಲ್ಪಡುವುದು [illegible]

ಲಾಗಿದ್ದರೂ, ಮನುಷ್ಯರು (ಮತ್ತು ಪ್ರಾಣಿಗಳು), ಅದರಲ್ಲಿಯೂ ಬಾಲ್ಯಾವಸ್ಥೆಯಲ್ಲಿ, ಕಂಪನ ಸಂಖ್ಯೆಯಲ್ಲಿನ ಅತಿ ಸೂಕ್ಷ್ಮ ವ್ಯತ್ಯಾಸಗಳನ್ನು (ಸಾವಿರಾರು ಭಿನ್ನಾಂಶಗಳು) ಗುರುತಿಸಲು ಸಮರ್ಥರು. ಇದು ಹೇಗೆ ಸಂಭವಿಸುವುದು ಎಂಬುದು ಇನ್ನೂ ಖಚಿತವಾಗಿ ಗೊತ್ತಾಗಿಲ್ಲ. ಇದರಲ್ಲಿ ಸ್ಪಷ್ಟವಾದ ಒಂದೇ ಒಂದು ವಿಷಯವೆಂದರೆ ಬೇರೆ ಬೇರೆ ನರಗಳಿಂದ ಬಂದು ಸೇರುವ ಪ್ರಚೋದನೆಗಳು ಮಿದುಳಿನಿಂದ ವಿಶ್ಲೇಷಣವಾಗುವುದು ಅತಿ ಮುಖ್ಯವಾದ ಸಂಗತಿ. ಮನುಷ್ಯನ ಕಿವಿಯಂತೆಯೇ ರಚಿತವಾಗಿರುವ ಮತ್ತು ಅಷ್ಟೇ ಸಮರ್ಪಕವಾಗಿ ಧ್ವನಿ ಕಂಪನ ಸಂಖ್ಯೆಗಳನ್ನು ಅರಿಯಬಲ್ಲ ಯಾಂತ್ರಿಕ ಮಾದರಿ ಒಂದನ್ನು ಇನ್ನೂ ಕಂಡು ಹಿಡಿಯಬೇಕಾಗಿದೆ.

20 000 Hz ಧ್ವನಿ ಕಂಪನಕ್ಕೆ ಮೀರಿದ ಒಂದು ಮಾಧ್ಯಮದ ಯಾಂತ್ರಿಕ ಕಂಪನವು ಮನುಷ್ಯನ ಕಿವಿಗಳು ಗ್ರಹಿಸಲಾಗದ ಮೌಲ್ಯ. ಇದಕ್ಕಿಂತ ಹೆಚ್ಚಾದ ಕಂಪನ ಸಂಖ್ಯೆಗಳನ್ನು ಹಲವು ರೀತಿಗಳಲ್ಲಿ ಉಂಟುಮಾಡಲು ಸಾಧ್ಯ; ಒಬ್ಬ ವ್ಯಕ್ತಿ ಅವುಗಳನ್ನು ಕೇಳಲಾರ; ಆದರೆ ಉಪಕರಣಗಳು ಅವುಗಳನ್ನು ದಾಖಲೆ ಮಾಡಿಡಬಲ್ಲವು. ಪ್ರಾಸಂಗಿಕವಾಗಿ, ಇಂತಹ ಕಂಪನಗಳನ್ನು ದಾಖಲೆಮಾಡಬಲ್ಲವುಗಳು ಉಪಕರಣಗಳು ಮಾತ್ರವೇ ಅಲ್ಲ. ಅನೇಕ ಪ್ರಾಣಿಗಳು – ಬಾವಲಿಗಳು, ಜೇನು ಹುಳುಗಳು, ತಿಮಿಂಗಿಲಗಳು ಮತ್ತು ಹಂದಿಮೀನುಗಳು (ಡಾಲ್ಫಿನ್) (ಸಜೀವಿ ಜಂತುವಿನ ಪರಿಮಾಣಗಳ ಪ್ರಶ್ನೆ ಅಲ್ಲ ಎಂಬುದು ಸ್ಪಷ್ಟ)–ಎಲ್ಲವೂ 100 000 Hz ವರೆಗಿನ ಕಂಪನ ಸಂಖ್ಯೆಯ ಯಾಂತ್ರಿಕ ಕಂಪನಗಳನ್ನು ಗ್ರಹಿಸಬಲ್ಲವು.

ನಾವು ಈಗ ನೂರು ಕೋಟಿ ಹರ್ಟ್ಜ್‌ಗಳವರೆಗಿನ ಕಂಪನ ಸಂಖ್ಯೆಯುಳ್ಳ ಕಂಪನಗಳನ್ನು ಪಡೆಯಲು ಸಾಧ್ಯವಾಗಿದೆ. ಇಂತಹ ಕಂಪನಗಳನ್ನು, ಧ್ವನಿಯೊಂದಿಗೆ ಅವುಗಳಿಗಿರುವ ಸಂಬಂಧವನ್ನು ಒತ್ತಿ ಹೇಳುವುದಕ್ಕಾಗಿ, ಅವುಗಳು ಅಶ್ರವ್ಯ ವಾಯುವುಗಳಾದರೂ, **ಧ್ವನ್ಯಾತೀತ** ಅಥವಾ **ಪರಾಶ್ರವ್ಯ** (ಅಲ್ಟ್ರಾಸೋನಿಕ್ ಅಥವಾ ಸೂಪರ್‌ಸೋನಿಕ್) ಎಂದು ಕರೆಯುವರು. ಅತ್ಯಂತ ಉಚ್ಚಮಟ್ಟದ ಕಂಪನ ಸಂಖ್ಯೆಗಳುಳ್ಳ ಅತ್ಯುಚ್ಚ ಧ್ವನಿಗಳನ್ನು ಕ್ವಾರ್ಟ್ಜ್ ತಟ್ಟೆಗಳ ಸಹಾಯದಿಂದ ಪಡೆಯಲಾಗುವುದು. ಇಂತಹ ತಟ್ಟೆಗಳನ್ನು ಸ್ಫಟಿಕದ ಒಂಟಿ ಹರಳುಗಳಿಂದ ಕತ್ತರಿಸಲಾಗುವುದು.

# 7. ಅಣುಗಳ ಪರಿವರ್ತನೆಗಳು

## ರಾಸಾಯನಿಕ ಪ್ರಕ್ರಿಯೆಗಳು

ಭೌತವಿಜ್ಞಾನವು ಎಲ್ಲಾ ಪ್ರಾಕೃತಿಕ ವಿಜ್ಞಾನಗಳಿಗೂ ಆಧಾರ. ಆದುದರಿಂದ ಭೌತವಿಜ್ಞಾನವನ್ನು ರಸಾಯನ ವಿಜ್ಞಾನ, ಭೂವಿಜ್ಞಾನ, ಜೀವವಿಜ್ಞಾನ ಮತ್ತು ವಿಜ್ಞಾನದ ಇತರ ಎಲ್ಲಾ ಶಾಖೆಗಳಿಂದ ಬೇರ್ಪಡಿಸಲು ಖಂಡಿತವಾಗಿಯೂ ಸಾಧ್ಯವೇ ಇಲ್ಲ. ಪ್ರಕೃತಿಯ ಮೂಲಭೂತ ನಿಯಮಗಳು ಭೌತವಿಜ್ಞಾನ ವಿಷಯಕ್ಕೆ ಸೇರಿದವು. ಭೂವಿಜ್ಞಾನೀಯ ಭೌತವಿಜ್ಞಾನ, ಜೀವವಿಜ್ಞಾನೀಯ ಭೌತವಿಜ್ಞಾನ, ರಾಸಾಯನಿಕ ಭೌತವಿಜ್ಞಾನ, ರಚನಾಶಾಸ್ತ್ರದ ಭೌತವಿಜ್ಞಾನ, ಮುಂತಾಗಿ ಪುಸ್ತಕಗಳನ್ನು ಬರೆಯಲಾಗಿರುವುದು ಕೇವಲ ಆಕಸ್ಮಿಕದಿಂದಲ್ಲ. ಇದರಿಂದಾಗಿ, ಪ್ರಕೃತಿಯ ಮೂಲಭೂತ ನಿಯಮಗಳನ್ನು ನಿರೂಪಿಸುವ ಈ ಪುಸ್ತಕದಲ್ಲಿ ಒಂದು ಪ್ರಕರಣವನ್ನು ರಾಸಾಯನಿಕ ಕ್ರಿಯೆಗಳಿಗೆ ವಿನಿಯೋಗಿಸುವುದು ಸೂಕ್ತವೆಂದು ನಮಗೆ ತೋರುವುದು.

ನಿರ್ದಿಷ್ಟವಾಗಿ ಹೇಳುವುದಾದರೆ, ಒಂದು ಅಣುವನ್ನು ಅದರ ಅಂಗ ಭಾಗಗಳಾಗಿ ಒಡೆದಾಗ ಆಗಲಿ ಅಥವಾ ಒಂದೇ ಒಂದು ಅಣುವು ಇತರ ಎರಡು ಅಣುಗಳಿಂದ ಉಂಟಾದಾಗ ಆಗಲಿ ಅಥವಾ ಡಿಕ್ಕಿ ಹೊಡೆಯುವ ಎರಡು ಅಣುಗಳು ಬೇರೆ ಎರಡು ಅಣುಗಳಾಗಿ ಮಾರ್ಪಟ್ಟಾಗ ಆಗಲಿ ರಸಾಯನ ವಿಜ್ಞಾನವು ಆರಂಭವಾಗುವುದು. ಒಂದು ವಿದ್ಯಮಾನದ ಆದಿಯಿಂದ ಕೊನೆಯವರೆಗಿನ ಅಂತರದಲ್ಲಿ, ಸಂಬಂಧಪಟ್ಟ ಕಾಯಗಳ ರಾಸಾಯನಿಕ ರಚನಾ ಕ್ರಮದಲ್ಲಿ ವ್ಯತ್ಯಾಸವೇರ್ಪಟ್ಟಿದ್ದರೆ, ಆಗ ಒಂದು ರಾಸಾಯನಿಕ ಕ್ರಿಯೆಯು ಸಂಭವಿಸಿರುವುದು.

ರಾಸಾಯನಿಕ ಕ್ರಿಯೆಗಳು "ತಮ್ಮಷ್ಟಕ್ಕೆ ತಾವೇ", ಅಂದರೆ ನಿರ್ದಿಷ್ಟ ಉಷ್ಣಾಂಶ ದಲ್ಲಿ ಅಣುಗಳ ಚಲನೆಯಿಂದಲೇ ಸಂಭವಿಸಬಹುದು. ಆದ್ದರಿಂದ, ಒಂದು ವಸ್ತುವು ವಿಭಜನ ಹೊಂದುತ್ತದೆ ಎಂದು ಅನೇಕ ವೇಳೆ ಹೇಳುತ್ತೇವೆ. ಇದರ ಅರ್ಥವೇನೆಂದರೆ, ಅಣುಗಳೊಳಗಿನ ಪರಮಾಣುಗಳ ಆಂತರಿಕ ಕಂಪನಗಳು ಪರ ಮಾಣುಗಳ ನಡುವಿನ ಬಂಧನಗಳನ್ನು ಒಡೆಯುತ್ತವೆ ಮತ್ತು ಅಣುವು "ಒಡೆದು ಬೀಳುತ್ತದೆ".

ರಾಸಾಯನಿಕ ಕ್ರಿಯೆಯು ಅನೇಕ ಸಂದರ್ಭಗಳಲ್ಲಿ ಅಣುಗಳ ನಡುವಿನ ಸಮಾ ಗಮಗಳ ಫಲಿತಾಂಶವಾಗಿರುವುದು. ಒಂದು ಲೋಹವು ತುಕ್ಕು ಹಿಡಿಯುತ್ತದೆ. ಇದು ಒಂದು ರಾಸಾಯನಿಕ ಕ್ರಿಯೆ : ಲೋಹದ ಒಂದು ಪರಮಾಣುವು ನೀರಿನ ಒಂದು ಅಣುವನ್ನು ಸಂಧಿಸುತ್ತದೆ ಮತ್ತು ಒಂದು ಆಕ್ಸೈಡ್ (ಆಮ್ಲಜನಕ ಸಂಯುಕ್ತ) ಉಂಟಾಗುವುದು. ಜಂಬೀರಾಮ್ಲದ ಒಂದು ಚಿವುಟನ್ನೂ ಮತ್ತು ಒಂದು ಚಮಚ ಸೋಡವನ್ನೂ ಒಂದು ಲೋಟ ನೀರಿನಲ್ಲಿ ಕರಗಿಸಿ. ಕೂಡಲೇ ಅನಿಲದ ಗುಳ್ಳೆಗಳು ಹುರುಪಿನಿಂದ ಹೊಮ್ಮಲು ಆರಂಭಿಸುತ್ತವೆ. ಈ ಎರಡು ಜಾತಿಯ ಅಣುಗಳ ಸಮಾಗಮದ ಫಲವಾಗಿ, ಮೇಲಕ್ಕೆ ಬಂದು ಮೇಲ್ಮೈಯಲ್ಲಿ ಒಡೆದು ಹೋಗುವ ಕಾರ್ಬನ್ ಡೈಯಾಕ್ಸೈಡ್ ಗುಳ್ಳೆಗಳು ಸಹ ಸೇರಿಕೊಂಡಂತೆ, ಹೊಸ ಪದಾರ್ಥಗಳು ರೂಪುಗೊಳ್ಳುವುವು.

ಆದ್ದರಿಂದ, ತಮ್ಮಷ್ಟಕ್ಕೇ ತಾವೇ ಉಂಟಾದ ಅಣುಗಳ ವಿಘಟನೆ ಮತ್ತು ಅಣುಗಳ ಘರ್ಷಣೆ, ಇವು ರಾಸಾಯನಿಕ ಕ್ರಿಯೆಗಳಿಗೆ ಎರಡು ಕಾರಣಗಳು.

ಆದರೂ, ರಾಸಾಯನಿಕ ಕ್ರಿಯೆಗಳು ಬೇರೆ ಕಾರಣಗಳಿಂದಲೂ ಸಂಭವಿಸ ಬಹುದು. ನೀವು ರಜೆಯಲ್ಲಿ ದಕ್ಷಿಣಕ್ಕೆ ಪ್ರವಾಸ ಹೋದಾಗ ತೆಗೆದುಕೊಂಡು ಹೋಗಿದ್ದ ನಿಮ್ಮ ಬಟ್ಟೆಗಳನ್ನು ಪರೀಕ್ಷಿಸಿದಾಗ ನಿಮಗೆ ಕ್ಲೇಶವುಂಟಾಗುವುದು. ಬಟ್ಟೆಯು ಮಾಸಿಹೋಗಿ ತನ್ನ ನಿಜವಾದ ಬಣ್ಣವನ್ನು ಕಳೆದುಕೊಂಡಿದೆ. ಸೂರ್ಯ ಕಿರಣಗಳ ತೀವ್ರವಾದ ಕ್ರಿಯೆಯ ಪರಿಣಾಮವಾಗಿ, ವರ್ಣದ್ರವದಲ್ಲಿ ಒಂದು ರಾಸಾಯನಿಕ ಪರಿವರ್ತನೆ ಸಂಭವಿಸಿದೆ.

ಬೆಳಕಿಂದ ಪ್ರೇರಿತವಾದ ಕ್ರಿಯೆಗಳಿಗೆ **ದ್ಯುತಿ ರಸಾಯನಿಕ** ಎಂದು ಹೆಸರು.

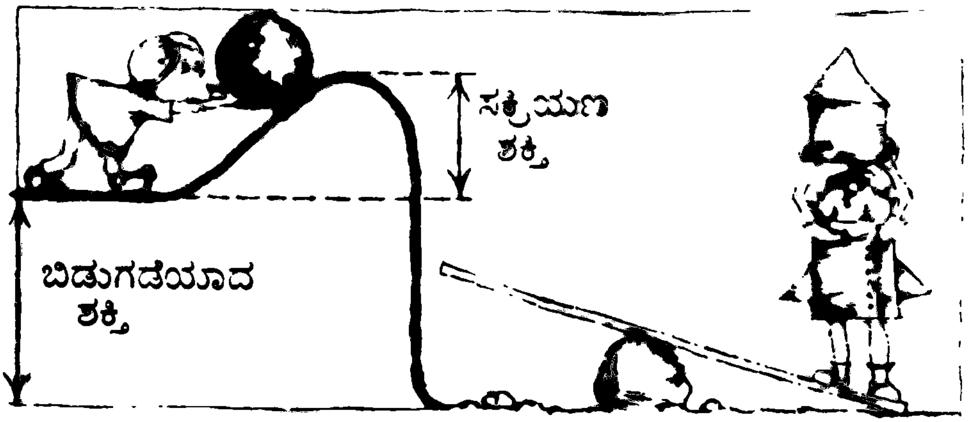
ಬೆಳಕಿನಿಂದ ಉತ್ಪತ್ತಿಯಾದ ಉಷ್ಣದ (ಬೆಳಕು ಅಣುಗಳ ಚಲನೆಯಲ್ಲಿನ ಚಲನ ಶಕ್ತಿಯನ್ನು ಹೆಚ್ಚಿಸಿ ಅವುಗಳ ಘರ್ಷಣೆಗಳು ಇನ್ನೂ ವೇಗ ವೇಗ ಮತ್ತು ಹೆಚ್ಚು ಬಿರುಸಾಗಿಯೂ ಆಗುವಂತೆ ಮಾಡುವುದು) ಕಾರಣದಿಂದಾದ ಉಷ್ಣಪ್ರೇರಿತ ಕ್ರಿಯೆಗಳನ್ನು ನೇರವಾಗಿ ಬೆಳಕಿನಿಂದಲೇ ಉಂಟಾದ ಕ್ರಿಯೆಗಳಿಂದ ಬೇರೆ ಮಾಡಿ ತಿಳಿಯುವುದರ ಸಲುವಾಗಿ ಈ ಕ್ಷೇತ್ರದಲ್ಲಿನ ಸಂಶೋಧನೆಗಳನ್ನು ವಿಶೇಷ ಜಾಗರೂಕತೆಯಿಂದ ನಡೆಸಬೇಕು. ಎರಡನೆಯವುಗಳಲ್ಲಿ, ಬೆಳಕಿನ ಕಣಗಳು – ಫೋಟಾನ್‌ಗಳು – ರಾಸಾಯನಿಕ ಬಂಧನಗಳನ್ನು "ಕಡಿಯುತ್ತವೆ".

ಹಸಿರು ಸಸ್ಯಗಳಲ್ಲಿ ಸಂಭವಿಸುವ ರಾಸಾಯನಿಕ ಕ್ರಿಯೆಗಳ ಸರಪಣಿಗೆ ಬೆಳಕಿನ ಕಾರ್ಯವೇ ಕಾರಣವಾಗಿರುವುದು, ಇದಕ್ಕೆ ದ್ಯುತಿ ಸಂಯೋಜನೆ ಎಂದು ಹೆಸರು. ಜೀವಂತ ಸಸ್ಯಗಳಲ್ಲಿ ಉಂಟಾಗುವ ದ್ಯುತಿ ರಸಾಯನಿಕ ಪರಿವರ್ತನೆಗಳು, ಪ್ರಸಿದ್ಧವಾದ ಇಂಗಾಲ ಆವರ್ತವನ್ನು – ಇದಿಲ್ಲದಿದ್ದರೆ ಜೀವವೇ ಇರಲು ಸಾಧ್ಯವಿಲ್ಲ – ಆಗಗೊಳಿಸುತ್ತವೆ.

ಬೇರೆ ಬೇರೆ ರಾಸಾಯನಿಕ ಕ್ರಿಯೆಗಳಲ್ಲಿ ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್, ಪ್ರೋಟಾನ್ ಅಂತಹ ಇತರ ಶಕ್ತಿಯುತ ಕಣಗಳಿಂದಲೂ ರಾಸಾಯನಿಕ ಬಂಧಗಳನ್ನು ಒಡೆಯಬಹುದು.

ರಾಸಾಯನಿಕ ಕ್ರಿಯೆಗಳು ಉಷ್ಣದ ಹೀರಿಕೆಯೊಡನೆಯಾಗಲಿ ಅಥವಾ ಅವರ ವಿಸರ್ಜನೆಯೊಡನೆಯಾಗಲಿ ಸಂಭವಿಸಬಹುದು. ಆಣವಿಕ ಮಟ್ಟದಲ್ಲಿ ಇವರ ಅರ್ಥವೇನು ? ಎರಡು ನಿಧಾನವಾಗಿ ಚಲಿಸುತ್ತಿರುವ ಅಣುಗಳು ಸಂಧಿಸಿ ಎರಡು ಶೀಘ್ರಗಾಮಿ ಅಣುಗಳಾದರೆ, ಆಗ ಉಷ್ಣವು ಉತ್ಪತ್ತಿಯಾಗುವುದು, ಏಕೆಂದರೆ ಉಷ್ಣಾಂಶದ ಹೆಚ್ಚಿಕೆಯು ಅಣುಗಳ ವೇಗೋತ್ಕರ್ಷಕ್ಕೆ ಈಡಾಗಿರುವುದೆಂದು ನಮಗೆ ಗೊತ್ತಿದೆ. ಇಂತಹ ಕ್ರಿಯೆಗಳಲ್ಲಿ ನಾವು ಮುಂದಿನ ಪ್ರಕರಣದಲ್ಲಿ ಚರ್ಚಿಸಲಿರುವ ದಹನ ಮತ್ತು ಸ್ಫೋಟನ ಇವು ಸೇರಿವೆ.

ಈಗ ಕ್ರಿಯಾವೇಗವನ್ನು ಆಣವಿಕ ದೃಷ್ಟಿಯಿಂದ, ಅಂದರೆ ಆಣವಿಕ ಮಟ್ಟದಲ್ಲಿ ಪರಿಶೀಲಿಸೋಣ. ಕೆಲವು ಕ್ರಿಯೆಗಳು (ಸ್ಫೋಟನಗಳು, ಎಂದಿಟ್ಟುಕೊಳ್ಳಿ) ಕಣ್ಣುರೆಪ್ಪೆ ಹೊಡೆಯುವುದಕ್ಕಿಂತ ವೇಗ ಸಂಭವಿಸುವುವು, ಮತ್ತೆ ಕೆಲವು ವರ್ಷ




**ಚಿತ್ರ 7.1**

ಗಟ್ಟಲೆ ಏರಿಸುವುವು ಎಂಬುದು ಸಾಮಾನ್ಯವಾಗಿ ಎಲ್ಲರಿಗೂ ತಿಳಿದಿದೆ. ನಾವು ಈಗ ಮತ್ತೆ ಎರಡು ಅಣುಗಳ ಘರ್ಷಣೆಯಿಂದ ಬೇರೆ ಎರಡು ಅಣುಗಳು ಉಂಟಾಗುವ ಕ್ರಿಯೆಗಳಲ್ಲಿ ಆಸಕ್ತರಾಗಿದ್ದೇವೆ ಎಂದು ಭಾವಿಸೋಣ. ಮುಂದಿನ ಕಲ್ಪನೆಯು ಸರಿಯಾಗಿದೆ ಎಂಬುದು ಸ್ಪಷ್ಟ. ಮೊದಲಿಗೆ, ಮುಖ್ಯವಾದುದೇನೆಂದರೆ ಅಣುಗಳನ್ನು ಒಡೆದು ಬೇರೆ ರೂಪದಲ್ಲಿ ಜೋಡಿಸಲು ಸಾಕಾಗುವಷ್ಟು ಘರ್ಷಣ ಶಕ್ತಿ. ಮುಖ್ಯವಾದ ಮತ್ತೊಂದು ವಿಷಯವೆಂದರೆ ಕ್ರಿಯೆಯು ಘರ್ಷಣೆಯ ಕಾಲದಲ್ಲಿ ಅಣುಗಳು ಸಂಘಿಸುವ ಕೋನದ ಮೇಲೆ ಅವಲಂಬಿತವೆ ಮುಂದುವರಿಯುವುದೋ ಅಥವಾ ಅಣುಗಳು ಹಲವು ಕೋನಗಳಲ್ಲಿ ಮಾತ್ರ ಸಂಘಿಸಲೇಬೇಕೊ ಎಂಬುದು.

ಒಂದು ಕ್ರಿಯೆಯನ್ನು ನೆರವೇರಿಸಲು ಬೇಕಾಗುವ ಕನಿಷ್ಠ ಪರಿಮಾಣದ ಶಕ್ತಿಗೆ **ಸಕ್ರಿಯಣ ಶಕ್ತಿ** ಎಂದು ಹೆಸರು. ಕ್ರಿಯೆಯು ನಡೆಯುವ ಕಾಲದಲ್ಲಿ ಅದು ಮುಖ್ಯ ಪಾತ್ರವನ್ನು ವಹಿಸಿರುತ್ತದೆ, ಆದರೂ ಎರಡನೆಯ ಒಂದು ಅಂಶಕ್ಕೂ ನಾವು ಬೆಲೆ ಕೊಡಬೇಕು – ನಿರ್ದಿಷ್ಟ ಶಕ್ತಿಯುಳ್ಳ ಕಣಗಳ "ಅದೃಷ್ಟಶಾಲಿ" ಘರ್ಷಣೆಗಳ ಪ್ರತಿಶತ ಸಂಖ್ಯೆ.

ಉಷ್ಣ ಉತ್ಪತ್ತಿಯಾಗುವ ಒಂದು ರಾಸಾಯನಿಕ ಕ್ರಿಯೆಯನ್ನು ಚಿತ್ರ 7.1ರಲ್ಲಿ

ತೋರಿಸಿರುವಂತೆ ನಿರೂಪಿಸಬಹುದು. ಗುಂಡು ಮೇಲ್ಗಡೆಗೆ ಉರುಳುತ್ತ, ತಡೆಯನ್ನು ದಾಟಿ ಕೆಳಕ್ಕೆ ಬೀಳುತ್ತದೆ. ಆರಂಭದ ಶಕ್ತಿಯ ಮಟ್ಟವು ಅಂತ್ಯದ ಮಟ್ಟಕ್ಕಿಂತ ಎತ್ತರದಲ್ಲಿರುವುದರಿಂದ, ವ್ಯಯಮಾಡಿದ ಶಕ್ತಿಗಿಂತಲೂ ಹೆಚ್ಚು ಶಕ್ತಿ ಉತ್ಪನ್ನವಾಗುತ್ತದೆ.

ಕ್ರಿಯಾವೇಗವು ಉಷ್ಣಾಂಶವನ್ನು ತೀವ್ರವಾಗಿ ಅವಲಂಬಿಸಿರುವುದನ್ನು ಈ ಯಾಂತ್ರಿಕ ಮಾದರಿಯು ಕಣ್ಣಿಗೆ ಕಾಣುವಂತೆ ಚಿತ್ರಿಸುತ್ತದೆ. ಉಷ್ಣಾಂಶವು ಕೆಳಮಟ್ಟದ್ದಾಗಿದ್ದರೆ, ಗುಂಡಿನ "ವೇಗವು" ತಡೆಯನ್ನು ಹತ್ತಿ ದಾಟುವುದಕ್ಕೆ ಸಾಕಾಗುವುದಿಲ್ಲ. ಉಷ್ಣಾಂಶವು ಹೆಚ್ಚುತ್ತಹೋದರೆ ತಡೆಯ ಮೇಲೆ ಧುಮುಕುವ ಗುಂಡುಗಳ ಸಂಖ್ಯೆಯು ವೇಗ ವೇಗವಾಗಿ ಹೆಚ್ಚುತ್ತದೆ. ರಾಸಾಯನಿಕ ಕ್ರಿಯೆಗಳ ದರವು ಅಸಾಧಾರಣ ಪ್ರಮಾಣದಲ್ಲಿ ಉಷ್ಣಾಂಶವನ್ನು ಅವಲಂಬಿಸಿರುವುದು. ಸಾಧಾರಣವಾಗಿ 10 ಡಿಗ್ರಿಗಳಷ್ಟು ಉಷ್ಣಾಂಶದ ಏರಿಕೆಯಿಂದ ಕ್ರಿಯೆಯು ಎರಡರಿಂದ ನಾಲ್ಕರಷ್ಟು ವೇಗದಲ್ಲಿ ನಡೆಯುವುದು. 10 ಡಿಗ್ರಿಗಳಷ್ಟು ಉಷ್ಣಾಂಶವನ್ನು ಹೆಚ್ಚಿಸಿದಾಗ ಕ್ರಿಯಾದರವು ಮೂರರಷ್ಟಾದರೆ, 100 ಡಿಗ್ರಿಗಳಷ್ಟರ ಉಷ್ಣಾಂಶದ ಹೆಚ್ಚಿಕೆಯಿಂದ ದರವು $3^{10} \approx 60\,000$ ಸಲಗಳಷ್ಟು, 200 ಡಿಗ್ರಿಗಳಿಗೆ $3^{20} \approx 4 \times 10^{9}$ ಸಲಗಳಷ್ಟು ಮತ್ತು 500 ಡಿಗ್ರಿಗಳಿಗೆ $3^{50}$, ಅಂದರೆ ಸುಮಾರು $10^{24}$ ಸಲಗಳಷ್ಟು ಹೆಚ್ಚುವುದು. 500 °Cಯಲ್ಲಿ ಸಾಧಾರಣ ವೇಗದಲ್ಲಿ ಸಂಭವಿಸುವ ಕ್ರಿಯೆಯು ಕೋಣೆಯ ಉಷ್ಣಾಂಶದಲ್ಲಿ ಸಂಭವಿಸುವುದೇ ಇಲ್ಲ ಎಂಬುದರಲ್ಲಿ ಆಶ್ಚರ್ಯವಿಲ್ಲ.

## ದಹನ ಮತ್ತು ಸ್ಫೋಟನೆ

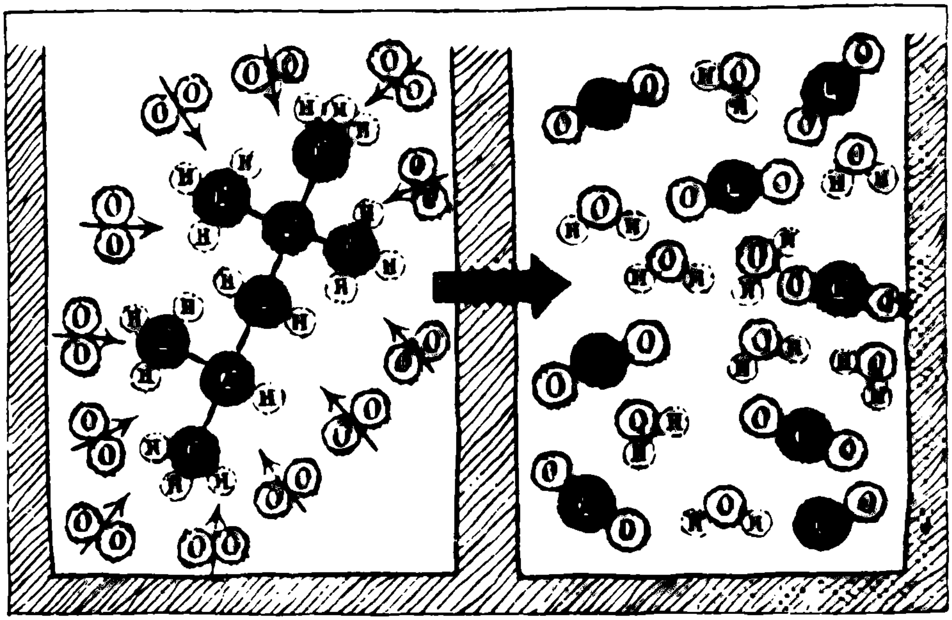
ಎಲ್ಲರಿಗೂ ತಿಳಿದಿರುವಂತೆ ದಹನವು ಆರಂಭವಾಗುವುದಕ್ಕೆ, ಸುಲಭವಾಗಿ ಹೊತ್ತಿಕೊಳ್ಳುವ ಒಂದು ಪದಾರ್ಥಕ್ಕೆ ಉರಿಯುತ್ತಿರುವ ಬೆಂಕಿಕಡ್ಡಿಯನ್ನು ಮುಟ್ಟಿಸಬೇಕು. ಆದರೆ ಬೆಂಕಿಕಡ್ಡಿಯು ತನ್ನಷ್ಟಕ್ಕೆ ತಾನೆ ಹೊತ್ತಿಕೊಳ್ಳುವುದಿಲ್ಲ: ಅದನ್ನು ಬೆಂಕಿ-ಪೆಟ್ಟಿಗೆಯ ಮೇಲೆ ಉಜ್ಜಬೇಕು. ಆದ್ದರಿಂದ ಒಂದು ರಾಸಾಯನಿಕ ಕ್ರಿಯೆಯು ಆರಂಭವಾಗಬೇಕಾದರೆ ಪೂರ್ವಭಾವಿಯಾಗಿ ಕಾವುಕೊಡುವುದು ಅವಶ್ಯಕ. ಜ್ವಲನವು ಆರಂಭದ ಕ್ಷಣದಲ್ಲಿ ಕ್ರಿಯೆಗೆ ಬೇಕಾದ ಉಷ್ಣಾಂಶವನ್ನು

ಉಂಟುಮಾಡುತ್ತದೆ. ಕ್ರಿಯೆಯು ಮುಂದುವರಿಯುವ ಕಾಲದಲ್ಲಿ ಬಿಡುಗಡೆಯಾಗುವ ಶಾಖವು ಹೆಚ್ಚು ಮಟ್ಟದ ಉಷ್ಣಾಂಶವನ್ನು ಉಳಿಸಿಕೊಂಡು ಬರುತ್ತದೆ.

ಆರಂಭದಲ್ಲಿ ಸ್ಥಳೀಯವಾಗಿ ಉಂಟಾಗುವ ಶಾಖವು ಕ್ರಿಯೆಯಿಂದ ಬಿಡುಗಡೆಯಾಗುವ ಶಾಖವು ಸುತ್ತಮುತ್ತಲಿನ ಮಾಧ್ಯಮಕ್ಕೆ ಸಾಗಿಹೋಗುವ ಶಾಖಕ್ಕಿಂತ ಹೆಚ್ಚಾಗಿರುವುದಕ್ಕೆ ಸಾಕಷ್ಟಿರಬೇಕು. ಆದ್ದರಿಂದ ಪ್ರತಿ ಒಂದು ಕ್ರಿಯೆಯೂ, ತನ್ನದೇ ಆದ ಒಂದು **ಜ್ವಲನತಾಪ**ವನ್ನು ಹೊಂದಿರುತ್ತದೆ. ಆರಂಭದ ಉಷ್ಣಾಂಶವು ಜ್ವಲನತಾಪಕ್ಕಿಂತ ಹೆಚ್ಚಾಗಿದ್ದರೆ ಮಾತ್ರ ದಹನ ಆರಂಭವಾಗುವುದು. ಉದಾಹರಣೆಗೆ, ಮರದ ಜ್ವಲನತಾಪವು 610 °C, ಬೆನ್‌ಜೀನ್‌ದು ಸುಮಾರು 200 °C, ಬಿಳಿ ರಂಜಕದ್ದು 50 °C.

ಮರ, ಕಲ್ಲಿದ್ದಲು, ಅಥವಾ ಎಣ್ಣೆ ಇವುಗಳ ದಹನವು, ವಸ್ತುವನ್ನು ಗಾಳಿಯಲ್ಲಿನ ಆಮ್ಲಜನಕದೊಡನೆ ಸೇರಿಸುವ ಒಂದು ರಾಸಾಯನಿಕ ಕ್ರಿಯೆ. ಆದ್ದರಿಂದ ಇಂತಹ ಕ್ರಿಯೆಯು ಮೇಲ್ಮೈಯಲ್ಲಿಯೇ ಮುಂದುವರಿಯುವುದು : ಹೊರಗಡೆಯ ಪದರವು ಉರಿದು ಹೋಗುವವರೆಗೂ, ಅದರ ಹಿಂದಿನ ಪದರವು ದಹನ ಕ್ರಿಯೆಯಲ್ಲಿ ಭಾಗವಹಿಸಲಾರದು. ಇಂತಹ ದಹನದ ವೇಗಮಾಂದ್ಯಕ್ಕೆ ಇದೀಗ ಕಾರಣ. ನಾವು ಹೇಳಿರುವುದು ಸರಿಯಾಗಿದೆಯೆಂದು ಮನದಟ್ಟುಮಾಡಿಕೊಳ್ಳುವುದು ಕಷ್ಟವಲ್ಲ. ಇಂಧನವನ್ನು ಸಣ್ಣ ಸಣ್ಣ ಚೂರುಗಳಾಗಿ ಒಡೆಯುವುದರಿಂದ ದಹನದ ವೇಗವನ್ನು ಬಹುಮಟ್ಟಿಗೆ ಹೆಚ್ಚಿಸಬಹುದು. ಕುಲುಮೆಗಳಲ್ಲಿ ಕಲ್ಲಿದ್ದಲನ್ನು ಜಜ್ಜು ಬಡಿಯುವುದು ಇದಕ್ಕಾಗಿಯೇ.

ಒಂದು ಅಂತರ್ದಹನ ಎಂಜಿನ್ನಿನ ಉರುಳೆಯಲ್ಲಿ ತುಂಬಿದ ಇಂಧನವು ಕೂಡ ಇದೇ ರೀತಿಯಲ್ಲಿ ಒಡೆಯಲ್ಪಟ್ಟು ಗಾಳಿಯೊಡನೆ ಮಿಶ್ರ ಮಾಡಲ್ಪಡುವುದು. ಕಲ್ಲಿದ್ದಲಿಗಿಂತ ಹೆಚ್ಚು ಸಂಕೀರ್ಣವಾದ ಪದಾರ್ಥಗಳನ್ನು (ಉದಾಹರಣೆಗೆ ಗ್ಯಾಸೊಲೀನ್), ಎಂಜಿನ್ ಇಂಧವಕ್ಕೆ ಉಪಯೋಗಿಸಲಾಗುವುದು. ಇಂತಹ ಪದಾರ್ಥದ ಒಂದು ಅಣುವನ್ನು ಚಿತ್ರ 7.2ರ ಎಡಭಾಗದಲ್ಲಿ ತೋರಿಸಿದೆ. ಅದು 8 ಇಂಗಾಲದ ಪರಮಾಣುಗಳು ಮತ್ತು 18 ಜಲಜನಕದ ಪರಮಾಣುಗಳು ಇವುಗಳ ಬಂಧನದಿಂದ ಆಗಿವೆ. ಅವು ಉರಿಯುತ್ತ ಹೋದರೆ, ಈ ಅಣುವು ಆಮ್ಲಜನಕದ ಅಣುಗಳ



ಚಿತ್ರ 7.2

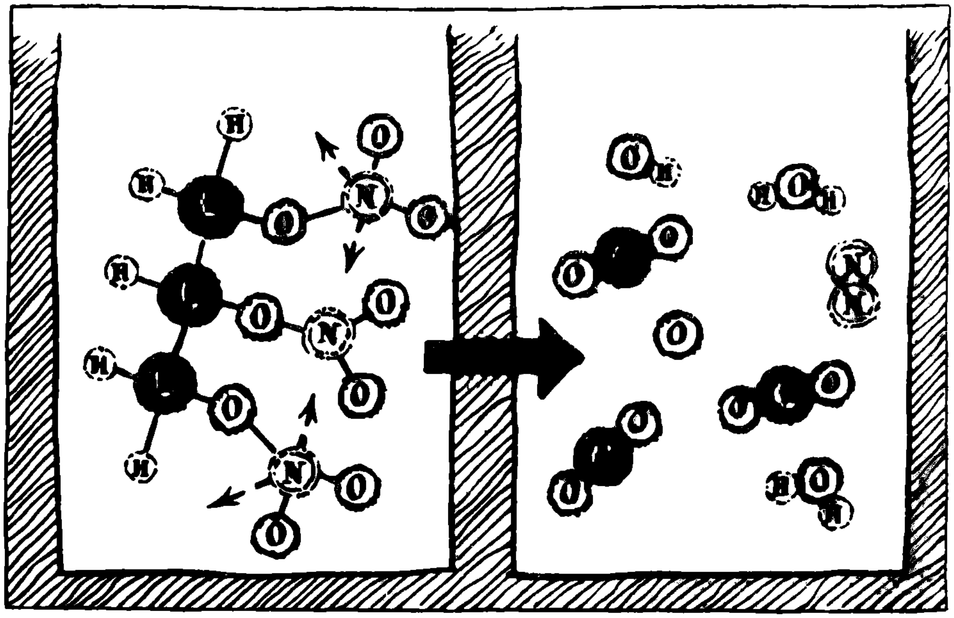
ಘರ್ಷಣೆಗೆ ಗುರಿಯಾಗುತ್ತದೆ. ಈ ಘರ್ಷಣೆಗಳು ಗ್ಯಾಸೊಲೀನಿನ ಅಣುಗಳನ್ನು ಒಡೆಯುತ್ತವೆ. ಒಂದು ಅಣುವಿನಲ್ಲಿ ಒಂದು ಅಥವಾ ಎರಡು ಇಂಗಾಲದ ಪರಮಾಣುಗಳನ್ನು ಒಂದು ಜಲಜನಕದ ಪರಮಾಣುವಿಗೆ ಕೂಡಿಸುವ ಬಲಗಳೂ ಮತ್ತು ಆಮ್ಲಜನಕದ ಒಂದು ಅಣುವಿನ ಎರಡು ಆಮ್ಲಜನಕದ ಪರಮಾಣುಗಳನ್ನು ಕೂಡಿಸುವ ಬಲಗಳೂ, ಒಂದು ಕಡೆ ಆಮ್ಲಜನಕದ ಪರಮಾಣುಗಳು ಮತ್ತು ಇನ್ನೊಂದು ಕಡೆ ಇಂಗಾಲ ಮತ್ತು ಜಲಜನಕ ಪರಮಾಣುಗಳು ಇವುಗಳ ನಡುವಿನ ಹೆಚ್ಚು ಬಲವತ್ತರವಾದ, ರಸಾಯನ ವಿಜ್ಞಾನಿಗಳ ಭಾಷೆಯಲ್ಲಿ "ಬಂಧುತ್ವ"ವನ್ನು (ರಾಸಾಯನಿಕ ಆಕರ್ಷಣೆ) ತಡೆಯಲಾರವು. ಇದರಿಂದಾಗಿ, ಅಣುವಿನಲ್ಲಿನ ಪರಮಾಣುಗಳ ನಡುವೆಯ ಹಳೆಯ ಬಂಧನಗಳು ಒಡೆಯುತ್ತವೆ ಮತ್ತು ಈ ಪರಮಾಣುಗಳು ಹೊಸ ಅಣುಗಳಾಗಿ ಕೂಡಿಕೊಳ್ಳುತ್ತವೆ. ಚಿತ್ರ 7.2ರ ಬಲಭಾಗದಲ್ಲಿ ತೋರಿಸಿರುವಂತೆ,

ಈ ಹೊಸ ಅಣುಗಳು – ದಹನದ ಉತ್ಪನ್ನಗಳು – ಕಾರ್ಬನ್ ಡೈಯಾಕ್ಸೈಡ್ ಮತ್ತು ನೀರು ಇವುಗಳಾಗಿರುವುವು. ನೀರು ಆವಿಯ ರೂಪದಲ್ಲಿ ಉಂಟಾಗುವುದು.

ಎಲ್ಲ ಕ್ರಿಯೆಗೆ ಬೇಕಾಗುವುದೆಲ್ಲಾ ಪದಾರ್ಥದಲ್ಲಿಯೇ ಇರುತ್ತದೆಯೋ, ಮತ್ತು ವಾಯುಮಂಡಲವು ಇರಬೇಕಾಗಿಲ್ಲವೋ ಅಂತಹ ಸಂದರ್ಭದಲ್ಲಿ ಪರಿಸ್ಥಿತಿಯು ಸಂಪೂರ್ಣವಾಗಿ ಬೇರೆಯಾಗಿರುವುದು. ಇಂತಹ ಪದಾರ್ಥದ ಒಂದು ದೃಷ್ಟಾಂತ ಆಮ್ಲಜನಕ ಮತ್ತು ಜಲಜನಕ ಇವುಗಳ ಮಿಶ್ರಣ (ಇದನ್ನು ಸ್ಫೋಟಕ ಅನಿಲ ಎಂದು ಕರೆಯುತ್ತಾರೆ). ಕ್ರಿಯೆಯು ಸಂಭವಿಸುವುದು ಮೇಲ್ಮೈಯಲ್ಲಿ ಅಲ್ಲ, ಪದಾರ್ಥದ ಒಳಭಾಗದಲ್ಲಿ. ದಹನವಲ್ಲಿನ ಹಾಗಲ್ಲದೆ, ಕ್ರಿಯೆಯು ನಡೆಯುತ್ತಿರುವ ಕಾಲದಲ್ಲಿ ಉತ್ಪನ್ನವಾಗುವ ಶಕ್ತಿಯೆಲ್ಲಾ ಕ್ಷಣಮಾತ್ರದಲ್ಲಿ ಬಿಡುಗಡೆಯಾಗುವುದು, ಇದರ ಪರಿಣಾಮವಾಗಿ ಒತ್ತಡವು ತೀವ್ರಗತಿಯಲ್ಲಿ ಹೆಚ್ಚುತ್ತದೆ ಮತ್ತು ಒಂದು ಸ್ಫೋಟನ ಉಂಟಾಗುವುದು. ಸ್ಫೋಟಕ ಅನಿಲ ಉರಿಯುವುದಿಲ್ಲ, –ಅದು ಸಿಡಿಯುತ್ತದೆ.

ಹೀಗಾಗಿ, ಒಂದು ಸ್ಫೋಟಕ ಪದಾರ್ಥವು ಕ್ರಿಯೆಗೆ ಬೇಕಾಗುವ ಪರಮಾಣು ಗಳು ಅಥವಾ ಅಣುಗಳನ್ನು ತನ್ನಲ್ಲಿಯೇ ಹೊಂದಿರಬೇಕು. ಸ್ಫೋಟಕ ಅನಿಲಗಳ ಮಿಶ್ರಣಗಳನ್ನು ತಯಾರಿಸಬಹುದೆಂಬುದು ಸ್ಪಷ್ಟವಾಗಿಯೇ ಇದೆ. ಗಟ್ಟಿಯಾದ ಸ್ಫೋಟಕ ವಸ್ತುಗಳೂ ಉಂಟು. ಅವು ಸ್ಫೋಟಕಗಳಾಗಿರುವುವೇಕೆಂದರೆ ಅವುಗಳ ರಚನೆಯಲ್ಲಿ ಶಾಖ ಮತ್ತು ಬೆಳಕನ್ನು ಹೊರಸೂಸುವ ರಾಸಾಯನಿಕ ಕ್ರಿಯೆಗಳಿಗೆ ಬೇಕಾಗುವ ಎಲ್ಲಾ ಪರಮಾಣುಗಳು ಇರುತ್ತವೆ.

ಒಂದು ಸ್ಫೋಟನದ ಕಾಲದಲ್ಲಿ ಸಂಭವಿಸುವ ರಾಸಾಯನಿಕ ಕ್ರಿಯೆ ಏನೆಂದರೆ ಅಣುಗಳನ್ನು ಭಾಗಗಳಾಗಿ ಒಡೆಯುವ ಒಂದು ವಿಘಟನ ಕ್ರಿಯೆ. ಸ್ಫೋಟಕ ಕ್ರಿಯೆಯ ಒಂದು ದೃಷ್ಟಾಂತವನ್ನು ಚಿತ್ರ 7.3ರಲ್ಲಿ ತೋರಿಸಿದೆ – ನೈಟ್ರೊಗ್ಲಿಸರೀನ್ ಅಣುವನ್ನು ಅದರ ಭಾಗಗಳಾಗಿ ಒಡೆಯುವುದು. ಚಿತ್ರದ ಬಲಗಡೆಯ ಭಾಗದಿಂದ ತಿಳಿಯಬರುವುದೇನೆಂದರೆ, ಮೊದಲಿದ್ದ (ಮೂಲ) ಅಣುವಿನಿಂದ ಕಾರ್ಬನ್ ಡೈಯಾ ಕ್ಸೈಡ್, ನೀರು ಮತ್ತು ಸಾರಜನಕ ಇವುಗಳ ಅಣುಗಳು ಉಂಟಾಗುತ್ತವೆ. ಅಂತ್ಯದ ಉತ್ಪನ್ನ ವಸ್ತುಗಳಲ್ಲಿ ಸಾಧಾರಣ ದಹನದ ಉತ್ಪನ್ನ ವಸ್ತುಗಳೇ ಇರುತ್ತದೆ ಆದರೆ ದಹನ ಕ್ರಿಯೆಯ ಗಾಳಿಯಲ್ಲಿನ ಆಮ್ಲಜನಕದ ಅಣುಗಳು ಭಾಗವಹಿಸದೆಯೇ



**ಚಿತ್ರ 7.3**

ನಡೆದಿದೆ; ದಹನಕ್ಕೆ ಬೇಕಾದ ಎಲ್ಲಾ ಪರಮಾಣುಗಳೂ ನೈಟ್ರೊಗ್ಲಿಸರೀನ್ ಅಣುವಿನಲ್ಲಿಯೇ ಇವೆ.

ಒಂದು ಸ್ಫೋಟಕ ವಸ್ತುವಿನ ಮೂಲಕ, ಉದಾಹರಣೆಗೆ, ಒಂದು ಸ್ಫೋಟಕ ಅನಿಲದಲ್ಲಿ, ಸ್ಫೋಟನವು ಹೇಗೆ ಪ್ರಸಾರವಾಗುವುದು? ಒಂದು ಸ್ಫೋಟಕ ವಸ್ತುವಿಗೆ ಬೆಂಕಿ ಹೊತ್ತಿಸಿದರೆ, ಸ್ಥಳೀಯವಾಗಿ ಶಾಖ ಏರುವುದು. ಈ ಬಿಸಿಯಾದ ಪ್ರದೇಶದಲ್ಲಿ ಒಂದು ಕ್ರಿಯೆಯು ಉಂಟಾಗುವುದು. ಕ್ರಿಯೆಯು ನಡೆಯುವಾಗ ಶಾಖವು ಬಿಡುಗಡೆಯಾಗುವುದು ಮತ್ತು ಉಷ್ಣ ಸಾಗಾಣಿಕೆಯಿಂದ ಮಿಶ್ರಣದಲ್ಲಿನ ನೆರೆಯ ಪದರಗಳಿಗೆ ಹರಡುವುದು. ಈ ನೆರೆಯ ಪದರದಲ್ಲಿಯೂ ಕ್ರಿಯೆ ಏರ್ಪಡುವುದಕ್ಕೆ ಈ ಶಾಖವು ಸಾಕಾಗಿರುವುದು. ಹೊಸದಾಗಿ ಬಿಡುಗಡೆ ಹೊಂದುವ ಶಾಖದ ಮೊತ್ತಗಳು ಸ್ಫೋಟಕ ಅನಿಲದ ಮುಂದಿನ ಪದರಗಳನ್ನು ಪ್ರವೇಶಿಸುತ್ತವೆ. ಮತ್ತು ಹೀಗಾಗಿ ಉಷ್ಣದ ಸಾಗಾಣಿಕೆಯ ವೇಗದೊಡನೆ ಕ್ರಿಯೆಯೂ ಪದಾರ್ಥದ ಎಲ್ಲೆಲ್ಲಿಗೂ

ಹರಡುತ್ತದೆ. ಇಂತಹ ಒಂದು ಸಾಗಾಣಿಕೆಯ ವೇಗವು ಸುಮಾರು 20-30 ಮೀ/ಸೆ. ಅಷ್ಟು ಇರುವುದು. ಇದು ಬಹಳ ತೀವ್ರವಾದ ಗತಿಯೇ ಸರಿ. ಅನಿಲ ತುಂಬಿರುವ ಒಂದು ಮೀಟರ್ ಉದ್ದದ ನಾಳಿಕೆಯು ಒಂದು ಸೆಕೆಂಡಿನ ಇಪ್ಪತ್ತನೆಯ ಒಂದು ಭಾಗದ ಮುಂಚೆಯೇ ಸಿಡಿಯುತ್ತದೆ, ಅಂದರೆ ಕ್ಷಣದಲ್ಲಿಯೇ ಆದಂತೆ, ಆದರೆ ಮರ ಅಥವಾ ಕಲ್ಲಿದ್ದಲಿನ ಚೂರುಗಳ ದಹನದ ವೇಗವನ್ನು (ಇವುಗಳು ಸಂಭವಿಸುವುದು ಮೇಲ್ಮೈಯಲ್ಲಿ ಮಾತ್ರ, ವಸ್ತುವಿನ ಒಳಭಾಗದಲ್ಲಿ ಅಲ್ಲ) ಒಂದು ನಿಮಿಷಕ್ಕೆ ಅಷ್ಟು ಮೀಟರುಗಳು ಎಂದು ಅಳತೆಮಾಡಲಾಗುವುದು, ಅಂದರೆ ಹಲವು ಸಾವಿರ ಸಲಗಳಷ್ಟು ಕಡಿಮೆ.

ಹೀಗಿದ್ದರೂ, ಇಂತಹ ಒಂದು ಸ್ಫೋಟನವನ್ನು ನಿಧಾನವಾದುದೆಂದೇ ಹೇಳಬಹುದು, ಏಕೆಂದರೆ ಮೇಲೆ ವರ್ಣಿಸಿರುವುದಕ್ಕಿಂತ ನೂರಾರುಪಟ್ಟು ಹೆಚ್ಚು ತೀವ್ರ ಗತಿಯಿಂದ ನಡೆಯುವ ಇತರ ಸ್ಫೋಟನಗಳು ಸಾಧ್ಯ.

ಒಂದು ಆಘಾತ ತರಂಗವು ಶೀಘ್ರಗತಿಯ ಸ್ಫೋಟನವನ್ನು ಉಂಟುಮಾಡುತ್ತದೆ. ಒಂದು ಪದಾರ್ಥದ ಯಾವುದಾದರೂ ಪದರದಲ್ಲಿ ಒತ್ತಡವು ತೀವ್ರವಾಗಿ ಹೆಚ್ಚಿದರೆ, ಈ ಸ್ಥಳದಿಂದ ಒಂದು ಆಘಾತ ತರಂಗವು ಪ್ರಸಾರವಾಗಲು ಆರಂಭಿಸುತ್ತದೆ. ಆಘಾತ ತರಂಗವು ಅಲ್ಪವಲ್ಲದ ಉಷ್ಣಾಂಶದ ಏರಿಕೆಯನ್ನುಂಟು ಮಾಡುತ್ತದೆ, ಇದು ಪದರದಿಂದ ಪದರಕ್ಕೆ ಸಾಗಿಸಲ್ಪಡುವುದು. ಉಷ್ಣಾಂಶದ ಏರಿಕೆಯು ಸ್ಫೋಟನ ಕ್ರಿಯೆಗೆ ಉತ್ತೇಜನಕೊಟ್ಟು ಒತ್ತಡದ ಏರಿಕೆಗೆ ಕಾರಣವಾಗುವುದು ಮತ್ತು ಆಘಾತ ತರಂಗವನ್ನು ಉಳಿಸಿಕೊಂಡು ಬರುವುದು. ಹೀಗಾಗದಿದ್ದರೆ ಅದರ ಪ್ರಸರಣವನ್ನನುಸರಿಸಿ ಅದರ ತೀವ್ರತೆಯು ಶೀಘ್ರದಲ್ಲಿಯೇ ಕಡಿಮೆಯಾಗುತ್ತಿತ್ತು. ಆದ್ದರಿಂದ ಒಂದು ಆಘಾತ ತರಂಗವು ಸಿಡಿತವನ್ನು ಉಂಟುಮಾಡುವುದು, ಅಲ್ಲದೆ ಸಿಡಿತವು ತನ್ನ ಕಡೆಯಿಂದ ಆಘಾತ ತರಂಗವನ್ನು ಪೋಷಿಸುತ್ತದೆ. ನಾವು ವಿವರಿಸಿರುವ ಸಿಡಿತವನ್ನು ಸ್ಫೋಟನ ಎಂದು ಕರೆಯುವರು. ಪದಾರ್ಥದಲ್ಲಿ ಸ್ಫೋಟನವು ಆಘಾತ ತರಂಗದ ವೇಗದೊಡನೆ (ಸುಮಾರು 1ಕಿ.ಮೀ/ಸೆ) ಪ್ರಸಾರವಾಗುವುದರಿಂದ, ಅದು "ನಿಧಾನ"ವಾದ ಸಿಡಿತಕ್ಕಿಂತ ನೂರಾರು ಸಲಗಳಷ್ಟು ಹೆಚ್ಚು ವೇಗವುಳ್ಳದ್ದು.

ಆದರೆ ಯಾವ ಯಾವ ವಸ್ತುಗಳು "ನಿಧಾನ"ವಾಗಿ ಸಿಡಿಯುತ್ತವೆ ಮತ್ತು

ಯಾವವು "ತೀವ್ರಗತಿಯಲ್ಲಿ" ಸಿಡಿಯುತ್ತವೆ? ಪ್ರಶ್ನೆಯನ್ನು ಈ ರೂಪದಲ್ಲಿ ಮುಂದಿಡಕೂಡದು : ಒಂದೇ ಪದಾರ್ಥವು "ನಿಧಾನವಾಗಿ" ಸಿಡಿಯಬಹುದು ಮತ್ತು ಬೇರೆ ಸ್ಥಿತಿಗಳಲ್ಲಿ ಸ್ಫೋಟಿಸಲೂಬಹುದು, ಕೆಲವು ಸಂದರ್ಭಗಳಲ್ಲಿ "ನಿಧಾನ"ವಾದ ಸಿಡಿತವು ಸ್ಫೋಟನಕ್ಕೆ ತಿರುಗಬಹುದು.

ಕೆಲವು ಪದಾರ್ಥಗಳು, ಉದಾಹರಣೆಗೆ ನೈಟ್ರೊಜನ್ ಅಯೋಡೈಡ್, ಒಂದು ಒಣಹುಲ್ಲಿನ ಸ್ಪರ್ಶದಿಂದ ಸ್ವಲ್ಪ ಮಟ್ಟಿಗೆ ಬಿಸಿ ಮಾಡಿದರೂ ಅಥವಾ ಬೆಳಕಿನ ಹೊಳಪಿನಿಂದಲೂ ಸಿಡಿಯುವುವು. ಟ್ರಾಟೈಲ್‌ನಂತಹ ಸಿಡಿಮದ್ದು ಕೆಳಗೆ ಬೀಳಿಸಿದರೂ, ಅಥವಾ ತುಪಾಕಿಯಿಂದ ಹಾರಿಸಿದರೂ ಕೂಡ ಸಿಡಿಯುವುದಿಲ್ಲ. ಅದನ್ನು ಸಿಡಿಸುವುದಕ್ಕೆ ಅತಿ ಪ್ರಬಲವಾದ ಆಘಾತ ತರಂಗವು ಬೇಕಾಗುವುದು.

ಬಾಹ್ಯ ಪ್ರಭಾವಗಳಿಗೆ ಇದಕ್ಕಿಂತ ಇನ್ನೂ ಕಡಿಮೆ ಮಟ್ಟದಲ್ಲಿ ಪ್ರತಿಕ್ರಿಯೆ ತೋರುವ ಪದಾರ್ಥಗಳೂ ಇವೆ. ಜರ್ಮನಿಯ ಒಪ್ಪೌವ್‌ನ ಒಂದು ರಾಸಾಯನಿಕ ಕಾರ್ಖಾನೆಯಲ್ಲಿ 1921ರಲ್ಲಿ ಒಂದು ಅಪಘಾತವು ಸಂಭವಿಸುವವರೆಗೂ, ಅಮೋನಿಯಂ ನೈಟ್ರೇಟ್ ಮತ್ತು ಅಮೋನಿಯಂ ಸಲ್ಫೇಟ್ ಇವುಗಳ ಫಲವತ್ತು ಮಾಡುವ ಮಿಶ್ರಣವನ್ನು ಸ್ಫೋಟಕವೆಂದು ಭಾವಿಸಿರಲಿಲ್ಲ. ಗಟ್ಟಿಯಾಗಿ ಹೋಗಿದ್ದ ಮಿಶ್ರಣಗಳನ್ನು ಪುಡಿಮಾಡುವುದಕ್ಕೋಸ್ಕರ ಒಂದು ಸ್ಫೋಟಕ ವಿಧಾನವನ್ನು ಉಪಯೋಗಿಸಲಾಗಿತ್ತು. ಇದರ ಪರಿಣಾಮವಾಗಿ, ಒಂದು ಉಗ್ರಾಣ ಮತ್ತು ಪೂರ್ತಿ ಕಾರ್ಖಾನೆಯೂ, ಸಿಡಿದು ಹೋದವು. ಕಾರ್ಖಾನೆಯಲ್ಲಿನ ಎಂಜಿನಿಯರುಗಳ ಮೇಲೆ ಈ ದುರಂತಕ್ಕೆ ಆಪಾದನೆ ಹೊರಿಸಲಾಗಲಿಲ್ಲ : ಸುಮಾರು ಇಪ್ಪತ್ತು ಸಾವಿರ ಸಿಡಿತಗಳು ಸಾಮಾನ್ಯ ರೀತಿಯಲ್ಲಿ (ಆಕಸ್ಮಿಕ ದುರಂತಗಳೇನೂ ಇಲ್ಲದೆ) ನಡೆದಿದ್ದವು ಮತ್ತು ಒಂದೇ ಒಂದು ಸಲವಷ್ಟೆ ಮಾತ್ರ ಸ್ಫೋಟನಕ್ಕೆ ಅನುಕೂಲವಾಗಿರುವ ಪರಿಸ್ಥಿತಿಗಳು ಉಂಟಾಗಿದ್ದವು.

ಆಘಾತ ತರಂಗಕ್ಕೆ ಒಳಪಟ್ಟಾಗ ಮಾತ್ರ ಸಿಡಿಯುವ ಅವರೆ ಸಾಧಾರಣ ಸ್ಥಿತಿಗಳಲ್ಲಿ ಸ್ಥಿರಸ್ಥಿತಿಯಲ್ಲಿರುವ ಮತ್ತು ಹೀಗೆ ಹೆದರದೇ ಇರುವ ಪದಾರ್ಥಗಳು ಸಿಡಿತಗಳ ಔದ್ಯೋಗಿಕ ವಿನ್ಯಾಸಕ್ಕೆ ಅತ್ಯಂತ ಉಪಯುಕ್ತವಾದವು. ಇಂತಹ ಪದಾರ್ಥಗಳನ್ನು ಹೆಚ್ಚು ಮೊತ್ತಗಳಲ್ಲಿ ಸುರಕ್ಷಿತವಾಗಿ ಸಾಗಿಸಬಹುದು.

ಆದರೆ ಈ ಜಡ ಸ್ಫೋಟಕ ವಸ್ತುಗಳನ್ನು ಕ್ರಿಯೆಗೆ ಪ್ರೇರಿಸುವುದಕ್ಕೆ ಸಿಡಿತದ ಉಪ ಕ್ರಮಕಾರಕ ವಸ್ತುಗಳು ಅವಶ್ಯಕ. ಆಘಾತ ತರಂಗಗಳ ಮೂಲಗಳಾಗಿ ಇಂತಹ ಉಪಕ್ರಮಕಾರಕ ಸ್ಫೋಟಕಗಳು ಅತ್ಯವಶ್ಯಕ.

ಉಪಕ್ರಮಕಾರಕಗಳ ದೃಷ್ಟಾಂತವಾಗಿ ಮರ್ಕ್ಯುರಿ ಫಲ್ಮಿನೇಟ್‌ಅನ್ನು ಹೇಳ ಬಹುದು. ಇದರ ಒಂದು ಕಣವನ್ನು ಒಂದು ತವರದ ಹಲಗೆಯ ಮೇಲಿಟ್ಟು ಹೊತ್ತಿ ಸಿದರೆ, ಸಿಡಿತವುಂಟಾಗಿ ತವರದಲ್ಲಿ ಒಂದು ತೂತು ಆಗುವುದು. ಯಾವುದೇ ಸ್ಥಿತಿ ಯಲ್ಲಾದರೂ ಇಂತಹ ಪದಾರ್ಥದ ಸಿಡಿತವು ಒಂದು ಸ್ಫೋಟನವೇ ಆಗಿರುವುದು.

ಮರ್ಕ್ಯುರಿ ಫಲ್ಮಿನೇಟಿನ ಒಂದು ಚೂರನ್ನು ಮತ್ತೊಂದು ಗೌಣ ಸ್ಫೋಟಕ ಪದಾರ್ಥದ ಮುದ್ದೆಯೊಂದರ ಮೇಲೆ ಇಟ್ಟು ಹೊತ್ತಿಸಿದರೆ, ಉಪಕ್ರಮಿ ಸಿಡಿಮದ್ದಿನ ಸಿಡಿತದಿಂದ ಉಂಟಾಗುವ ಆಘಾತ ತರಂಗವು ಎರಡನೆಯ ಸಿಡಿಮದ್ದನ್ನು ಸ್ಫೋಟಿಸು ವುದಕ್ಕೆ ಸಾಕು. ವ್ಯವಹಾರದಲ್ಲಿ, ಸ್ಫೋಟಿಸುವ ಒಂದು ಪೊರೆಯ (1–2 ಗ್ರಾಂ. ಉಪಕ್ರಮಿ ಸ್ಫೋಟಕ) ಸಹಾಯದಿಂದ ಸಿಡಿತಗಳು ಸಂಭವಿಸುವಂತೆ ಮಾಡಲಾಗು ವುದು. ಪೊರೆಯನ್ನು ಸ್ವಲ್ಪ ದೂರದಿಂದಲೇ ಹೊತ್ತಿಸಬಹುದು, ಉದಾಹರಣೆಗೆ, ಒಂದು ಉದ್ದವಾದ ಸರಬತ್ತಿಯುರಿ (ಬಿಕ್‌ಫೋರ್ಡ್ ಸರಬತ್ತಿ) ಪೊರೆಯಿಂದ ಬರುವ ಆಘಾತ ತರಂಗವು ಎರಡನೆಯ ಸ್ಫೋಟಕವನ್ನು ಸಿಡಿಸುವುದು.

ಪ್ರಯೋಗಿಕ ವಿಜ್ಞಾನದಲ್ಲಿ ಉದ್ಭವಿಸುವ ಹಲವು ಸಂದರ್ಭಗಳಲ್ಲಿ ನಾವು ಸ್ಫೋಟನಗಳೊಡನೆ ಹೆಣಗಾಡಬೇಕಾಗುವುದು. ಗ್ಯಾಸೋಲಿನ್ ಮತ್ತು ಗಾಳಿ ಇವು ಗಳ ಮಿಶ್ರಣದ "ವಿಧಾನವಾದ ಸಿಡಿತಗಳು" ಸಾಧಾರಣ ಪರಿಸ್ಥಿತಿಗಳಲ್ಲಿ ಒಂದು ಕಾರಿನ ಮೋಟಾರಿನಲ್ಲಿ ಸಂಭವಿಸುವುವು. ಆದರೂ, ಹಲವು ವೇಳೆಗಳಲ್ಲಿ ಒಂದು ಸ್ಫೋಟ ನೆಯೂ ಉಂಟಾಗಬಹುದು. ಮೋಟಾರಿನಲ್ಲಿ ಆಘಾತ ತರಂಗಗಳು ಒಂದು ವ್ಯವಸ್ಥಿತ ವಿದ್ಯಮಾನವಾಗಿರುವುದನ್ನು ಅಂಗೀಕರಿಸಲಾಗದು. ಏಕೆಂದರೆ ಅವುಗಳು ಸ್ವಲ್ಪ ಕಾಲ ದಲ್ಲೇ ಮೋಟಾರಿನ ಉರುಳೆಗಳ ಗೋಡೆಗಳನ್ನು ಕೆಲಸಕ್ಕೆ ಬಾರದಂತೆ ಮಾಡುವುವು.

ಎಂಜಿನುಗಳಲ್ಲಿ ಸ್ಫೋಟನೆಗಳೊಡನೆ ನಿಭಾಯಿಸುವುದಕ್ಕೆ ಬಹು ದೊಡ್ಡ ಆಕ್ಟೇನ್ ಸಂಖ್ಯೆಯುಳ್ಳ ವಿಶಿಷ್ಟ ರೀತಿಯ ಗ್ಯಾಸೋಲಿನನ್ನು ಉಪಯೋಗಿಸ ಬೇಕಾಗುವುದು. ಇಲ್ಲದಿದ್ದರೆ ಗ್ಯಾಸೋಲಿನೊಡನೆ ಆಘಾತ ತರಂಗ ಬೆಳೆಯುವುದಕ್ಕೆ

ಅವಕಾಶಕೊಡದ – ದಬದಬ ಶಬ್ದಕ್ಕೆಡೆ ಕೊಡದ – ವಿಶೇಷ ಜಾತಿಯ ಪದಾರ್ಥಗಳನ್ನು ಮಿಶ್ರಣಮಾಡಬೇಕು. ಟೆಟ್ರ ಈಥೈಲ್‌ಲೆಡ್ (TEL) ಎಂಬುದು ವಿಶೇಷವಾಗಿ ಉಪಯೋಗಿಸಲ್ಪಡುವ ಇಂತಹ ಪದಾರ್ಥ. ಈ ಪದಾರ್ಥವು ಹೆಚ್ಚು ವಿಷಮಯವಾದದ್ದು, ಆದ್ದರಿಂದ ಇಂತಹ ಗ್ಯಾಸೋಲಿನ್ ಉಪಯೋಗಿಸುವಾಗ ಜಾಗರೂಕತೆಯಿಂದಿರಬೇಕಾದುದರ ಅವಶ್ಯಕತೆಯ ಬಗ್ಗೆ ಚಾಲಕರಿಗೆ ಎಚ್ಚರಿಕೆ ಕೊಡಲಾಗುವುದು.

ಸ್ಫೋಟನೆಗಳು ಸಂಭವಿಸದೆ ಇರುವ ಹಾಗೆ ಫಿರಂಗಿಗಳನ್ನು ರಚಿಸಬೇಕು. ತುಪಾಕಿಯನ್ನು ಹಾರಿಸುತ್ತಿರುವಾಗ ಅದರ ಕೋವಿಯಲ್ಲಿ ಆಘಾತ ತರಂಗಗಳು ಉಂಟಾಗಕೂಡದು, ಹಾಗಿಲ್ಲದಿದ್ದರೆ ತುಪಾಕಿಯು ಕೆಲಸ ಮಾಡದಂತಾಗುವುದು.

## ಅಣುಗಳ ಪರಿವರ್ತನೆಗಳಿಂದ ನಡೆಸಲ್ಪಡುವ ಎಂಜಿನ್ನುಗಳು

20ನೆಯ ಶತಮಾನದ ಜನರು ತಮ್ಮ ಕೆಲಸಕ್ಕೆ ನೆರವಾಗುವಂತೆಯೂ ಮತ್ತು ತಮ್ಮ ಶಕ್ತಿಯನ್ನು ಹತ್ತರಷ್ಟು ಹೆಚ್ಚಿಸಿಕೊಳ್ಳುವುದಕ್ಕಾಗಿಯೂ ಅನೇಕ ವಿಧದ ಎಂಜಿನುಗಳನ್ನು ಮತ್ತು ಮೋಟಾರುಗಳನ್ನು ಉಪಯೋಗಿಸುವರು.

ಅತಿ ಸರಳವಾದ ಪರಿಸ್ಥಿತಿಯಲ್ಲಿ, ಒಂದು ವಿಧದ ಯಾಂತ್ರಿಕ ಶಕ್ತಿಯನ್ನು ಮತ್ತೊಂದು ಜಾತಿಯ ಯಾಂತ್ರಿಕ ಶಕ್ತಿಗೆ ಪರಿವರ್ತಿಸುವುದು ಯುಕ್ತವಾಗಿರಬಹುದು. ಉದಾಹರಣೆಗೆ ಗಾಳಿ ಅಥವಾ ನೀರಿನ ಪ್ರವಾಹವು ಒಂದು ಗಾಳಿಯಂತ್ರ ಅಥವಾ ಬೀಸು ಯಂತ್ರದ ನೀರ್ಗಾಲಿ – ಇವುಗಳ ಫಲಕಗಳನ್ನು ತಿರುಗಿಸುವಂತೆ ಮಾಡಬಹುದು.

ಒಂದು ಜಲವಿದ್ಯುತ್ ಉತ್ಪಾದನ ಕೇಂದ್ರದಲ್ಲಿ ಜಲಪ್ರವಾಹದ ಶಕ್ತಿಯನ್ನು ಟರ್ಬೈನಿನ ತಿರುಗುದಂಡಗಳ ಸುತ್ತುಚಲನಕ್ಕೆ ಪರಿವರ್ತಿಸುವುದು ಮಧ್ಯವರ್ತಿಯಾದ ಕಾರ್ಯಕ್ರಮ. ಟರ್ಬೈನು ವಿದ್ಯುಚ್ಛಕ್ತಿಯನ್ನು ಉತ್ಪಾದನೆ ಮಾಡುವ ಒಂದು ವಿದ್ಯುತ್ ಯಂತ್ರವನ್ನು – ಇದಕ್ಕೆ ಜನರೇಟರ್ ಎಂದು ಹೆಸರು – ನಡೆಸುತ್ತದೆ. ಶಕ್ತಿಯ ಇಂತಹ ಪರಿವರ್ತನೆಯನ್ನು ಮುಂದೆ ಚರ್ಚಿಸಲಾಗುವುದು.

ಆವಿ ಎಂಜಿನುಗಳು ಈಗ ಹಳೆಯ ಯುಗಕ್ಕೆ ಸೇರಿದವುಗಳಾಗಿವೆ. ಹಳೆಯ

ರೈಲ್ವೆ ಎಂಜಿನುಗಳು ಈಗ ಪ್ರದರ್ಶನಾಗಾರಗಳಲ್ಲಿ ಪ್ರದರ್ಶಿಸಲಾಗುವ ಅಪರೂಪ ವಸ್ತುಗಳಾಗಿ ಆಗುತ್ತಿವೆ. ಹೀಗೆ ಆಗಿರುವುದು ಏಕೆಂದರೆ ಉಷ್ಣ ಎಂಜಿನಿನ ದಕ್ಷತೆಯು ಬಹಳ ಕಡಿಮೆಯಾಗಿರುವುದು.

ಅಂದರೆ ಇದರಿಂದ ಹಬೆಯ ಟರ್ಬೈನುಗಳು ಪ್ರಯೋಗ ತಪ್ಪಿದವುಗಳಾಗಿವೆ ಯೆಂದಲ್ಲ. ಆದರೆ ಅಲ್ಲಿಯೂ ಕೂಡ ವಿಸ್ತರಿಸುತ್ತಿರುವ ಆವಿಯ ಶಕ್ತಿಯನ್ನು ಪರಿಭ್ರಾಮಕದ ಯಾಂತ್ರಿಕ ಚಲನೆಗೆ ಪರಿವರ್ತಿಸುವುದು ಮಧ್ಯದ ಘಟ್ಟ ಮಾತ್ರ. ವಿದ್ಯುಚ್ಛಕ್ತಿಯ ಉತ್ಪಾದನೆಯು ಕೊನೆಯ ಘಟ್ಟ.

ವಿಮಾನಗಳು ಮತ್ತು ಸ್ವಯಂಚಲಿವಾಹನಗಳು (ಮೋಟಾರ್ ಕಾರುಗಳು ಮುಂತಾಗಿ) ಇವುಗಳಿಗೆ ಆವಿಯ ಕುದಿಪಾತ್ರೆ ಅಥವಾ ಆವಿಯ ಟರ್ಬೈನನ್ನು ಅಳವಡಿಸುವುದರಲ್ಲಿ ಅರ್ಥವೇ ಇಲ್ಲ. ಒಂದು ಅಶ್ವ ಸಾಮರ್ಥ್ಯಕ್ಕೆ ಎಷ್ಟು ಕಿಲೋಗ್ರಾಂ ಬೇಕಾಗುವುದು ಎಂಬ ಎಣಿಕೆಯ ಪ್ರಕಾರ ಎಂಜಿನು ಮತ್ತು ಶಾಖಉಂಟುಮಾಡುವ ಸಲಕರಣೆ ಇವುಗಳ ಒಟ್ಟು ತೂಕವು ವಿಪರೀತ ಹೆಚ್ಚಾಗುವುದು.

ಆದರೆ ಬೇರೆಯಾಗಿ ಸೇರಿಸಿರುವ ಶಾಖ ಉಂಟುಮಾಡುವ ಯಂತ್ರ ಸಲಕರಣೆಯನ್ನು ಕಳೆಯಬಹುದು. ಒಂದು ಅನಿಲ ಟರ್ಬೈನಿನಲ್ಲಿ, ನೇರವಾಗಿ ಕಾರ್ಯಗತವಾಗಿರುವ ಪ್ರವಾಹಿಯು ಒಂದು ಹೆಚ್ಚು ಶಕ್ತಿಯುಳ್ಳ ಇಂಧನ ದಹನದ ಪ್ರಜ್ವಲಿಸುವ ಉತ್ಪನ್ನಗಳನ್ನೊಳಗೊಂಡಿದೆ. ಇಂತಹ ಎಂಜಿನುಗಳಲ್ಲಿ ಯಾಂತ್ರಿಕ ಶಕ್ತಿಯ ಉತ್ಪನ್ನಕ್ಕಾಗಿ ನಾವು ರಾಸಾಯನಿಕ ಕ್ರಿಯೆಗಳನ್ನು, ಅಂದರೆ ಅಣುಗಳ ಪರಿವರ್ತನೆಯನ್ನು, ಉಪಯೋಗಿಸುತ್ತೇವೆ. ಆವಿಶಕ್ತಿಯಿಂದ ನಡೆಯುವ ಎಂಜಿನುಗಳಿಗಿಂತ ಅನಿಲ ಟರ್ಬೈನುಗಳ ಮುಖ್ಯ ಸೌಕರ್ಯಗಳನ್ನು ಮತ್ತು ಅವುಗಳು ಸಮರ್ಪಕವಾಗಿ ಕೆಲಸ ಮಾಡುವುದನ್ನು ಖಾತ್ರಿಪಡಿಸಿಕೊಡುವ ರಚನಾಕ್ರಮವನ್ನು ನಿರ್ಮಿಸುವುದರಲ್ಲಿ, ಎದುರಿಸಬೇಕಾಗುವ ತೊಂದರೆಗಳನ್ನೂ ಇದೇ ಗೊತ್ತುಮಾಡುವುದು.

ಸೌಕರ್ಯಗಳೇನೆಂಬುದು ಇಲ್ಲಿ ಸ್ಪಷ್ಟ: ಇಂಧನವು ಉರಿಯುವ ದಹನ ಪಾತ್ರೆಯು ಸಣ್ಣದಾಗಿರುವುದು ಮತ್ತು ಟರ್ಬೈನಿನ ಕವಚದ ಕೆಳಗೆ ಇಡಬಹುದು. ಪರಮಾಣು ರೂಪಕ್ಕಿಳಿಸಿದ ಸೀಮೆಎಣ್ಣೆ ಮತ್ತು ಆಮ್ಲಜನಕ ಇವುಗಳನ್ನೊಳಗೊಂಡಿರುವ ದಹನ ಕ್ರಿಯೆಯು ಘಟಕ ಭಾಗಗಳು ಆವಿಯು ತಲಪಲಾಗದ ಉಷ್ಣಾಂಶವನ್ನು

ಹೊಂದಿರುವುವು. ಒಂದು ಅನಿಲ ಟರ್ಬೈನಿನ ದಹನ ಪಾತ್ರೆಯಲ್ಲಿ ಉಂಟಾಗುವ ಉಷ್ಣದ ಪ್ರವಾಹವು ಅತಿ ತೀಕ್ಷ್ಣವಾದುದು, ಇದರಿಂದ ಬಹು ಹೆಚ್ಚುಮಟ್ಟದ ಕಾರ್ಯದಕ್ಷತೆಯನ್ನು ಸಿದ್ಧಿಸಿಕೊಳ್ಳುವುದು ಸಾಧ್ಯವಾಗುವುದು.

ಆದರೆ ಈ ಸೌಕರ್ಯಗಳು ಕೊರತೆಗಳಾಗಿ ಪರಿಣಮಿಸುತ್ತವೆ. ಟರ್ಬೈನಿನ ಉಕ್ಕಿನ ಫಲಕಗಳು 1200 °C ರಷ್ಟರವರೆಗಿನ ಉಷ್ಣಾಂಶವಿರುವ ಮತ್ತು ಅತಿ ಸೂಕ್ಷ್ಮಪರಿಮಾಣದ ಬೂದಿಯ ಕಣಗಳಿಂದ ಅನಿವಾರ್ಯವಾಗಿ ತುಂಬಿ ಹೋಗಿರುವ ಅನಿಲ ಪ್ರವಾಹಗಳಲ್ಲಿ ಕೆಲಸ ಮಾಡುತ್ತವೆ. ಅನಿಲ ಟರ್ಬೈನುಗಳನ್ನು ತಯಾರಿಸಿರುವ ವಸ್ತುಗಳು ಎಷ್ಟು ಹೆಚ್ಚಾದ ನಿರ್ಬಂಧಗಳಿಗೆ ಒಳಪಟ್ಟಿರಬೇಕೆಂಬುದನ್ನು ಸುಲಭವಾಗಿ ಊಹಿಸಿಕೊಳ್ಳಬಹುದು.

ಸ್ವಯಂಚಲಿವಾಹನಕ್ಕಾಗಿ 200 ಅಶ್ವಶಕ್ತಿ (hp) ಉಳ್ಳ ಒಂದು ಅನಿಲ ಟರ್ಬೈನನ್ನು ತಯಾರಿಸುವ ಪ್ರಯತ್ನದಲ್ಲಿ, ಒಂದು ವಿಚಿತ್ರ ತರಹೆಯ ತೊಂದರೆಯನ್ನು ಪರಿಹರಿಸಬೇಕಾಗಿಬಂದಿತು : ಟರ್ಬೈನು ಎಷ್ಟು ಸಣ್ಣ ಪ್ರಮಾಣದ್ದಾಗಿದ್ದಿತೆಂದರೆ, ರೂಢಿಯಾದ ಯಂತ್ರ ಶಿಲ್ಪದ ರಚನಾವಿಧಾನಗಳು ಮತ್ತು ವಾಡಿಕೆಯಾದ ಪದಾರ್ಥಗಳು ನಿಷ್ಪ್ರಯೋಜಕವಾದುವು. ಆದಾಗ್ಯೂ ಯಂತ್ರ ವಿಜ್ಞಾನಕ್ಕೆ ಸಂಬಂಧಿಸಿದ ತೊಂದರೆಗಳನ್ನು ಈಗಾಗಲೇ ಪರಿಹಾರ ಮಾಡಲಾಗುತ್ತಿದೆ. ಅನಿಲ ಟರ್ಬೈನುಗಳ ಶಕ್ತಿಯಿಂದ ಚಲಿಸುವ ಮೊಟ್ಟಮೊದಲಿನ ಸ್ವಯಂಚಲಿ ವಾಹನಗಳನ್ನು ರೂಪಿಸಿ ರಚಿಸಲಾಗಿದೆ, ಆದರೆ ಅವುಗಳ ಭವಿಷ್ಯವನ್ನು ಮುನ್ನರಿಯುವುದು ಕಷ್ಟ.

ಅನಿಲ ಟರ್ಬೈನಿನ ಉಪಯೋಗವು ರೈಲು ಸಾಗಣೆಯಲ್ಲಿ ಹೆಚ್ಚು ಸುಲಭವಾಗಿ ಪರಿಣಮಿಸಿತು. ಅನಿಲ ಟರ್ಬೈನುಗಳನ್ನೊಳಗೊಂಡ ಎಂಜಿನುಗಳು – ಅನಿಲ ಟರ್ಬೈನ್ ಎಂಜಿನುಗಳು – ಈಗಾಗಲೇ ಸಾರ್ವತ್ರಿಕ ಮನ್ನಣೆ ಪಡೆದಿವೆ.

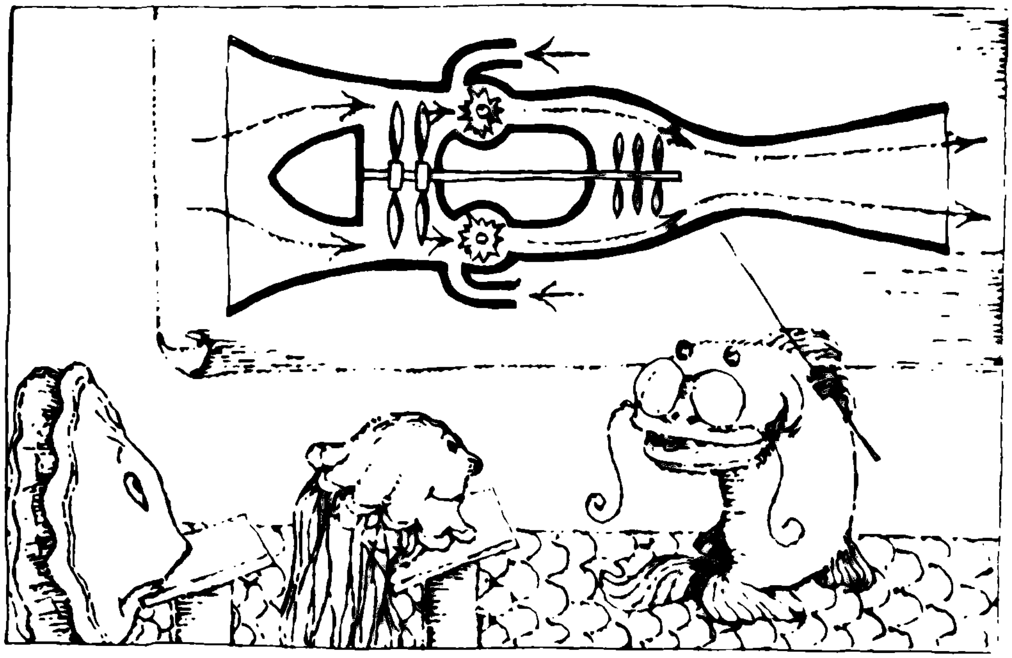
ಅನಿಲ ಟರ್ಬೈನು ಅವಶ್ಯಕವಾದುದಾದರೂ ಅಪ್ರಧಾನವಾದ ಒಂದು ಅಂಗವಾಗಿರುವ ಬೇರೆ ವಿಧದ ಎಂಜಿನುಗಳು ಅನಿಲ ಟರ್ಬೈನಿನ ವ್ಯಾಪಕವಾದ ಉಪಯೋಗಕ್ಕೆ ದಾರಿ ಮಾಡಿಕೊಟ್ಟವು. ನಾವು ಹೇಳುತ್ತಿರುವುದು ಟರ್ಬೋಜೆಟ್ ಎಂಜಿನು. ಇದು ಈಗಿನ ಕಾಲದ ವಿಮಾನಯಾನದಲ್ಲಿ ಮೂಲಭೂತವಾದ ಎಂಜಿನು.

ಜೆಟ್ ಎಂಜಿನ್ನಿನ ಕಾರ್ಯಕ್ಕೆ ಆಧಾರವಾಗಿರುವ ತತ್ತ್ವವು ಬಹಳ ಸರಳ

ಹಾಮುದು. ಬಾಳಿಕೆ ಬರುವ ಒಂದು ದಹನ ಪಾತ್ರೆಯಲ್ಲಿ ಅನಿಲ ಮಿಶ್ರಣ ಒಂದನ್ನು ಉರಿಸಲಾಗುವುದು; ದಹನ ಕ್ರಿಯೆಯ ಉತ್ಪನ್ನಗಳು, ಅತಿ ಹೆಚ್ಚಾದ ವೇಗ ಹೊಂದಿದ್ದು (ಜಲಜನಕವನ್ನು ಆಮ್ಲಜನಕದಲ್ಲಿ ಉರಿಸಿದಾಗ 3000 ಮೀ/ಸೆ , ಇತರ ಜಾತಿಯ ಇಂಧನಗಳಿಗೆ ಇದಕ್ಕಿಂತ ಸ್ವಲ್ಪ ಕಡಿಮೆ), ಸಲೀಸಾಗಿ ಓಗ್ಗುವ ಒಂದು ಸೂಸು ಪಾಯಿಯ ಮೂಲಕ ಚಲನೆಗೆ ವಿರುದ್ಧವಾದ ದಿಕ್ಕಿನಲ್ಲಿ ದೂಡಲ್ಪಡುವುವು. ಸ್ವಲ್ಪ ಮೊತ್ತದ ದಹನ ಕ್ರಿಯೆಯ ಉತ್ಪನ್ನಗಳು ಕೂಡ ಎಂಜಿನ್ನಿನಿಂದ ದೊಡ್ಡ ಆವೇಗವನ್ನು ಸಾಗಿಸುತ್ತವೆ.

ಜೆಟ್ ಎಂಜಿನ್ನುಗಳ ರಚನೆಯಾದ ಮೇಲೆ, ಅಂತರಗ್ರಾಹಕ ಚಲನೆಯನ್ನು ನೆರವೇರಿಸುವ ಯಥಾರ್ಥವಾದ ಸುಯೋಗವು ಜನಗಳಿಗೆ ಲಭಿಸಿತು.

ದ್ರವರೂಪದ ಸಿಡಿಮದ್ದುಳ್ಳ ಆಕಾಶಬಾಣದ ಎಂಜಿನುಗಳು ಬಹು ವ್ಯಾಪಕ ಹಾಪವುಗಳಾಗಿವೆ. ಒಂದು ಇಂಧನದ (ಉದಾಹರಣೆಗೆ ಈಥೈಲ್ ಆಲ್ಕೊಹಾಲ್) ನಿರ್ದಿಷ್ಟ ಅಂಶಗಳನ್ನು, ಆಮ್ಲಜನಕದೊಡನೆ ಸಂಯೋಗ ಮಾಡಿಸುವಂತಹ ವಸ್ತುವನ್ನು (ಆಕ್ಸೀಕಾರಕ, ಉಪಚಾಯಕ) (ರೂಢಿಯಾಗಿ ದ್ರವರೂಪದ ಆಮ್ಲಜನಕ) ಇಂತಹ ಎಂಜಿನ್ನಿನ ದಹನ ಪಾತ್ರೆಯೊಳಕ್ಕೆ ನುಗ್ಗಿಸಲಾಗುವುದು. ಮಿಶ್ರಣವು ಉರಿಯುವುದು ಮತ್ತು ಎಳೆತವನ್ನುಂಟುಮಾಡುತ್ತದೆ. V-2 ಅಂತಹ ಬಹು ಎತ್ತರಕ್ಕೆ ಹೋಗುವ ಆಕಾಶಬಾಣಗಳಲ್ಲಿ, ಎಳೆತವು 15 ಟನ್–ಬ.ಗಳಷ್ಟು ಇರುವುದು. ಈ ಸಂಖ್ಯೆಗಳು ಸಾಕಷ್ಟು ಸ್ಫೂರ್ತಿಯುತವಾಗಿವೆ : ಉರಿಯುವುದಕ್ಕೆ 1.5 ನಿಮಿಷಗಳನ್ನು ತೆಗೆದುಕೊಳ್ಳುವ ಇಂಧನ ಮತ್ತು ಆಕ್ಸೀಕಾರಕದ 8.5 ಟನ್ನುಗಳನ್ನು ಆಕಾಶಬಾಣದೊಳಕ್ಕೆ ಸುರಿಯಲಾಗುವುದು. ದ್ರವರೂಪದ ಸಿಡಿಮದ್ದುಗಳ ಆಕಾಶಬಾಣದ ಎಂಜಿನ್‌ಗಳ ಉಪಯೋಗವು ಬಹಳ ಹೆಚ್ಚು ಎತ್ತರಕ್ಕೆ ಅಥವಾ ಭೂಮಿಯ ವಾಯುಮಂಡಲದಿಂದ ಆಚೆಗೆ ಹೋಗುವ ಹಾರಾಟಗಳಿಗೆ ಮಾತ್ರ ಯುಕ್ತವಾಗಿರುವುದು. ಸಾಕಷ್ಟು ಆಮ್ಲಜನಕವು ಇರುವ ವಾಯುಮಂಡಲದ ತಳಭಾಗದ ಪದರ (20 ಕಿ.ಮೀ.ವರೆಗೆ)ಗಳೊಳಗೆ ಹಾರಾಡುವ ವಿಮಾನದೊಳಕ್ಕೆ, ಒಂದು ವಿಶಿಷ್ಟ ಆಕ್ಸೀಕಾರಕದ ಅತಿ ಹೆಚ್ಚು ಮೊತ್ತಗಳನ್ನು ಸುರಿಯುವುದರಲ್ಲಿ ಅರ್ಥವಿಲ್ಲ. ಆದರೆ ಆಗ ಉದ್ಭವಿಸುವ ಸಮಸ್ಯೆ ಏನೆಂದರೆ : ತೀಕ್ಷ್ಣವಾದ ದಹನಕ್ಕೆ



ಚಿತ್ರ 7.4

ಬೇಕಾಗುವ ಗಾಳಿಯ ಹೆಚ್ಚು ಪ್ರಮಾಣದ ಮೊತ್ತಗಳನ್ನು ದಹನ ಪಾತ್ರೆಯೊಳಕ್ಕೆ ದಬ್ಬುವುದು. ಈ ಸಮಸ್ಯೆ ಸ್ವಾಭಾವಿಕ ರೀತಿಯಲ್ಲಿ ಪರಿಹಾರಗೊಳ್ಳುವುದು : ದಹನ ಪಾತ್ರೆಯೊಳಗೆ ಉಂಟಾಗುವ ಅನಿಲ ಪ್ರವಾಹದ ಶಕ್ತಿಯ ಒಂದು ಭಾಗವನ್ನು ಪಾತ್ರೆಯೊಳಕ್ಕೆ ಗಾಳಿಯನ್ನು ದೂಡುವ ಶಕ್ತಿಯುತವಾದ ಸಂಕೋಚಕವನ್ನು ತಿರುಗಿಸುವುದಕ್ಕಾಗಿ ತೆಗೆದುಕೊಳ್ಳಲಾಗುವುದು.

ಪ್ರಜ್ವಲಿತ ಅನಿಲಗಳ ಪ್ರವಾಹದ ಶಕ್ತಿಯ ವೆಚ್ಚದಿಂದ ಕೆಲಸಮಾಡಬಲ್ಲುದು ಯಾವ ಎಂಜಿನು ಎಂಬುದನ್ನು ಆಗಲೇ ತಿಳಿಸಿದ್ದೇವೆ: ಇದು ಅನಿಲ ಟರ್ಬೈನ್. ಈ ಸಂಪೂರ್ಣ ವ್ಯವಸ್ಥೆಗೆ ಟರ್ಬೋಜೆಟ್ ಎಂಜಿನ್ ಎಂದು ಹೆಸರು (ಚಿತ್ರ 7.4). 800 ರಿಂದ 1200 ಕಿ.ಮೀ/ಘಂ.ಗಳ ವೇಗಗಳಲ್ಲಿನ ಹಾರಾಟಗಳಿಗೆ ಟರ್ಬೋಜೆಟ್ ಎಂಜಿನ್ ಜೊತೆಗೆ ಸ್ಪರ್ಧಿಸುವುದು ಯಾವುದೂ ಇಲ್ಲ.

600–800 ಕಿ.ಮೀ ಘಂ.ಗಳ ವೇಗದ ದೂರದ ಹಾರಾಟಗಳಿಗಾದರೆ, ಟರ್ಬೋಜೆಟ್ ಎಂಜಿನ್ನಿನ ಚಾಲಕವಂತಕ್ಕೆ ಒಂದು ಸಾಧಾರಣವಾದ ವಿಮಾನದ

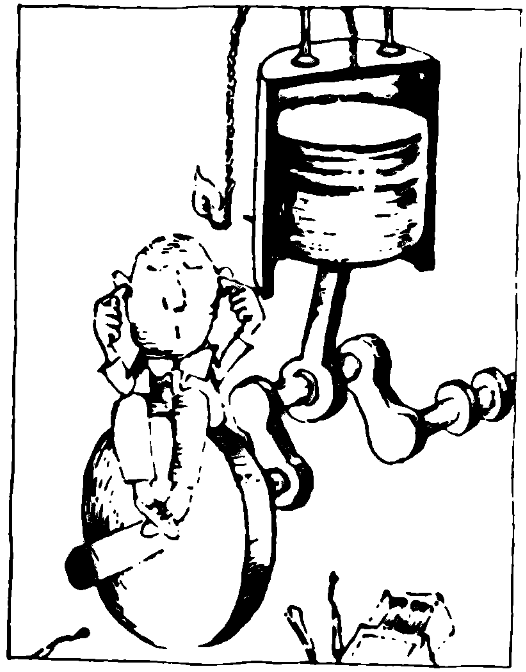
ತಿರುಗು ಚಾಲಕವನ್ನು ಸೇರಿಸಲಾಗುವುದು. ಇದಕ್ಕೆ ಟರ್ಬೊಪ್ರಾಪ್ ಎಂಜಿನ್ ಎಂದು ಹೆಸರು.

2000 ಕಿ.ಮೀ./ಘಂ. ಅಥವಾ ಇದಕ್ಕಿಂತ ಹೆಚ್ಚಾದ ಹಾರುವೇಗಗಳಲ್ಲಿ ವಿಮಾನದಿಂದ ಉಂಟಾಗುವ ಗಾಳಿ ಒತ್ತಡವು ಎಷ್ಟು ಹೆಚ್ಚಾಗಿರುತ್ತದೆ ಎಂದರೆ, ಸಂಕೋಚಕದ ಅವಶ್ಯಕತೆಯೇ ಏರ್ಪಡುವುದಿಲ್ಲ. ಆಗ ಅನಿಲ ಟರ್ಬೈನಿನ ಅವಶ್ಯಕತೆಯೂ ಇರುವುದಿಲ್ಲವೆಂಬುದು ಸಹಜವೇ. ಆಗ ಎಂಜಿನ್ನನ್ನು ವ್ಯತ್ಯಾಸಗೊಳ್ಳುವ ಅಡ್ಡಕೊಯ್ತದ ಕೊಳವಿಯಾಗಿ ಪರಿವರ್ತಿಸಲಾಗುವುದು, ಇದರಲ್ಲಿ ಇಂಧನವನ್ನು ಒಂದು ನಿರ್ದಿಷ್ಟ ಸ್ಥಾನದಲ್ಲಿ ಉರಿಸಲಾಗುವುದು. ಇದಕ್ಕೆ ರ್‍ಯಾಂಜೆಟ್ ಎಂಜಿನ್ ಎಂದು ಹೆಸರು. ರ್‍ಯಾಂಜೆಟ್ ಎಂಜಿನ್ ಒಂದು ವಿಮಾನವನ್ನು ನೆಲದಿಂದ ಮೇಲಕ್ಕೆ ಎತ್ತಲಾರದು ಎಂದು ಸ್ಪಷ್ಟವಾಗಿರುತ್ತದೆ: ಅದು ಕಾರ್ಯಕಾರಿಯಾಗುವುದು ಬಹಳ ಹೆಚ್ಚು ಪ್ರಮಾಣದ ಹಾರಾಟದ ವೇಗಗಳಲ್ಲಿ ಮಾತ್ರ.

ಅವುಗಳ ಇಂಧನದ ಹೆಚ್ಚು ವೊತ್ತದ ವೆಚ್ಚದ ಕಾರಣದಿಂದ ಜೆಟ್ ಎಂಜಿನ್ನುಗಳು ಸಣ್ಣ ವೇಗದ ಹಾರಾಟಗಳಿಗೆ ಸಂಪೂರ್ಣವಾಗಿ ಅನುಪಯುಕ್ತವಾದವು.

ನೆಲದ ಮೇಲೆ, ನೀರಿನಲ್ಲಿ ಅಥವಾ ಗಾಳಿಯಲ್ಲಿ 0 ಇಂದ 500 ಕಿ.ಮೀ/ಘಂ. ವೇಗದ ಚಲನೆಗೆ, ಗ್ಯಾಸೋಲಿನ್ ಅಥವಾ ಡೀಸೆಲ್ ಉಪಯೋಗಿಸುವ ಅಂತರ್ದಹನ ಆಡುಬೆಣೆ ಎಂಜಿನ್ನುಗಳು ವಿಶ್ವಾಸಾರ್ಹವಾದ ರೀತಿಯಲ್ಲಿ ಕೆಲಸಕ್ಕೆ ಒದಗುವುವು. ಅವುಗಳ ಹೆಸರುಗಳೇ ತೋರಿಸಿಕೊಡುವಂತೆ, ಇಂತಹ ಎಂಜಿನ್ನಿನ ಮುಖ್ಯ ಭಾಗವು ತನ್ನೊಳಗೆ ಆಡುಬೆಣೆ ಚಲಿಸಬಲ್ಲ ಒಂದು ಉರುಳೆ. ಆಡುಬೆಣೆಯ ಹಿಂದಕ್ಕೂ ಮುಂದಕ್ಕೂ ಆಗುವ ಚಲನೆಯು ಒಂದು ಕೂಡುಪಟ್ಟಿ ಮತ್ತು ಕ್ರ್ಯಾಂಕ್ ವ್ಯವಸ್ಥೆಯ ಸಹಾಯದಿಂದ ಚಾಲಕ ದಂಡದ ಸುತ್ತುಚಲನೆಗೆ ಪರಿವರ್ತಿತವಾಗುವುದು (ಚಿತ್ರ 7.5).

ಆಡುಬೆಣೆಯ ಚಲನೆಯು ಕೂಡುಪಟ್ಟಿ ಮೂಲಕ ಕ್ರ್ಯಾಂಕಿಗೆ – ಇದು ಕ್ರ್ಯಾಂಕಿನ ಚಾಲಕ ದಂಡದ ಭಾಗವಾಗಿದೆ – ಒಯ್ಯಲಾಗುವುದು. ಕ್ರ್ಯಾಂಕಿನ ಚಲನೆಯು ಚಾಲಕದಂಡವನ್ನು ಸುತ್ತುವ ಹಾಗೆ ಮಾಡುತ್ತದೆ. ಇದಕ್ಕೆ ವಿಪರ್ಯಯವಾಗಿ, ಕ್ರ್ಯಾಂಕಿನ ಚಾಲಕದಂಡವನ್ನು ತಿರುಗಿಸಿದರೆ, ಇದು ಕೂಡುಪಟ್ಟಿಗಳು



ಚಿತ್ರ 7.5

ಚಲಿಸುವಂತೆ ಮಾಡುತ್ತದೆ ಮತ್ತು ಉರುಳೆ ಒಳಗೆ ಆಡುಬೆಣೆಗಳ ವಿಸ್ಥಾಪನವು ಉಂಟಾಗುವುದು.

ಒಂದು ಗ್ಯಾಸೋಲಿನ್ ಎಂಜಿನ್ನಿನ ಉರುಳೆಗೆ ಎರಡು ಕವಾಟಗಳು ಅಳವಡಿಸಲ್ಪಟ್ಟಿವೆ, ಒಂದು ಇಂಧನ ಮಿಶ್ರಣವನ್ನು ಒಳಗೆ ಬಿಡುವುದಕ್ಕೆ, ಮತ್ತೊಂದು ಕಳಪೆ ಅನಿಲಗಳನ್ನು ವಿಸರ್ಜಿಸುವುದಕ್ಕೆ. ಎಂಜಿನ್ ಓಡುವಂತೆ ಮಾಡುವುದಕ್ಕೆ ಅದನ್ನು ಯಾವುದಾದರೂ ಹೊರಗಿನ ಮೂಲದ ಶಕ್ತಿಯನ್ನು ಉಪಯೋಗಿಸಿಕೊಂಡು ತಿರುಗಿಸಬೇಕು. ಒಂದು ನಿರ್ದಿಷ್ಟ ಸಮಯದಲ್ಲಿ ಆಡುಬೆಣೆಯು ಕೆಳಗಡೆ ಚಲಿಸುತ್ತಿದೆ ಮತ್ತು ಪ್ರವೇಶ ಕವಾಟವು ತೆಗೆದಿದೆ ಎಂದು ಭಾವಿಸಿ. ತ್ರುಣೀಕರಿಸಿದ ಗ್ಯಾಸೋಲಿನ್ ಮತ್ತು ಗಾಳಿ ಇವುಗಳ ಮಿಶ್ರಣವು ಉರುಳೆಯೊಳಕ್ಕೆ ಹೀರಿಹೋಗುವುದು. ಪ್ರವೇಶ ಕವಾಟವನ್ನು ಎಂಜಿನ್ನಿನ ಚಾಲಕದಂಡಕ್ಕೆ ಹೇಗೆ ಸೇರಿಸಲಾಗಿದೆ ಎಂದರೆ ಆಡುಬೆಣೆಯು ತನ್ನ ಅತ್ಯಂತ ಕೆಳಮಟ್ಟದ ಸ್ಥಾನವನ್ನು ತಲಪಿದಾಗ ಕವಾಟವು ಮುಚ್ಚಿಕೊಳ್ಳುತ್ತದೆ. ಚಾಲಕದಂಡವು ತಿರುಗುತ್ತ ಹೋದರೆ, ಆಡುಬೆಣೆಯು ಮೇಲಕ್ಕೆ ಬರುವುದಕ್ಕೆ ಆರಂಭಿಸುವುದು. ಕವಾಟಗಳ ಸ್ವಯಂಚಲಿ ವ್ಯವಸ್ಥೆಯು

ಆಡುಬೆಣೆಯು ಈ ಹುಟ್ಟಿನ ಕಾಲವಲ್ಲಿ ಕವಾಟಗಳು ಮುಚ್ಚಿರುವಂತೆ ಮಾಡುತ್ತವೆ. ಆದ್ದರಿಂದ ಇಂಧನ ಮಿಶ್ರಣವು ಸಂಕೋಚನಗೊಳ್ಳುವುದು. ಆಡುಬೆಣೆಯು ತನ್ನ ಅತ್ಯುಚ್ಚತ ಸ್ಥಾನವನ್ನು ತಲಪಿದಾಗ, ಸಂಕುಚಿತವಾದ ಮಿಶ್ರಣವು ಕಿಡಿಬೆಣೆಗಳ ವಿದ್ಯುಧ್ರುವಗಳ ನಡುವೆ ಹಾರುತ್ತಿರುವ ವಿದ್ಯುತ್ತಿನ ಕಿಡಿಯಿಂದ ಹೊತ್ತಿಸಲ್ಪಡುವುದು. ಮಿಶ್ರಣವು ಹೊತ್ತಿಕೊಳ್ಳುತ್ತದೆ ಮತ್ತು ಪ್ರಸರಿಸುತ್ತಿರುವ ದಹನ ಉತ್ಪನ್ನಗಳ ಕ್ರಿಯೆಯು ಆಡುಬೆಣೆಯನ್ನು ಕೆಳಕ್ಕೆ ತಳ್ಳುತ್ತ ಹೋಗುವುವು. ಎಂಜಿನಿನ ಚಾಲಕ ದಂಡದ ಮೇಲೆ ಬಲವಾದ ನೂಕಲು ಉಂಟಾಗುತ್ತದೆ ಮತ್ತು ಚಾಲಕ ದಂಡದ ಮೇಲಿರುವ ನಿಯಂತ್ರಕ ಚಕ್ರವು ಗಣನೀಯ ಮೊತ್ತದ ಚಲನ ಶಕ್ತಿಯನ್ನು ಶೇಖರಿಸುತ್ತವೆ. ಇದರ ಮುಂದಿನ ಮೂರು ಆರಂಭದ ಹುಟ್ಟುಗಳೆಲ್ಲಾ ಈ ಶಕ್ತಿಯ ವ್ಯಯದಿಂದ ನಡೆಯುವುವು : ಮೊದಲು ನಿಷ್ಕಾಸ, ಆಗ ನಿಷ್ಕಾಸ ಕವಾಟವು ತೆರೆದಿದ್ದು ಆಡುಬೆಣೆಯು ಮೇಲಕ್ಕೆ ಚಲಿಸುತ್ತ ನಿಷ್ಕಾಸ ಅನಿಲವನ್ನು ಉರುಳೆಯಿಂದ ಹೊರ ದೂಡುವುದು, ಅದಾದ ಮೇಲೆ ಒಳಹಾಯಿಕೆ ಮತ್ತು ನಮಗೆ ಆಗಲೇ ತಿಳಿದಿರುವ ಸಂಕೋಚನ. ಇದಾದ ಮೇಲೆ ಹೊಸ ಉರಿಹೊತ್ತಿಗೆ. ಎಂಜಿನು ನಡೆಯಲು ಆರಂಭಿಸಿದೆ.

ಗ್ಯಾಸೋಲಿನ್ ಎಂಜಿನ್ನುಗಳು ಒಂದು ಅಶ್ವ ಶಕ್ತಿಯ ಭಾಗದಷ್ಟರಿಂದ 4000 ಅಶ್ವ ಶಕ್ತಿ(hp)ವರೆಗಿನ ಶಕ್ತಿಯನ್ನೂ, ಶೇಕಡಾ 40 ರವರೆಗಿನ ಕಾರ್ಯದಕ್ಷತೆಯನ್ನೂ ಹೊಂದಿರುವುವು ಮತ್ತು ಪ್ರತಿ ಅಶ್ವ ಶಕ್ತಿಗೆ 300 ಗ್ರಾಂ.ಬ.ಗಳಷ್ಟರವರೆಗಿನ ತೂಕವುಳ್ಳವಾಗಿರುವುವು. ಕಾರ್ಯನಿರ್ವಹಣೆಯಲ್ಲಿ ಇಂತಹ ಸಮರ್ಪಕವಾದ ತೋರಿಕೆಯಿಂದ ಸ್ವಯಂಚಲಿ ವಾಹನಗಳಲ್ಲಿಯೂ ವಿಮಾನಗಳಲ್ಲಿಯೂ ಅವುಗಳ ವ್ಯಾಪಕವಾದ ಉಪಯೋಗವನ್ನು ಅರ್ಥಮಾಡಿಕೊಳ್ಳಬಹುದು.

ಒಂದು ಗ್ಯಾಸೋಲಿನ್ ಎಂಜಿನ್ನಿನ ದಕ್ಷತೆಯನ್ನು ಹೇಗೆ ಹೆಚ್ಚಿಸಬಹುದು ? ಪ್ರಧಾನವಾದ ಸಾಧನವೆಂದರೆ ಸಂಕೋಚನದ ಮಟ್ಟವನ್ನು ಹೆಚ್ಚಿಸುವುದು.

ಉರಿ ಹೊತ್ತಿಸುವುದಕ್ಕೆ ಮೊದಲು ಇಂಧನ ಮಿಶ್ರಣವನ್ನು ಇನ್ನೂ ಹೆಚ್ಚಾಗಿ ಸಂಕುಚಿಸುವರೆ. ಅದು ಹೆಚ್ಚಾದ ಉಷ್ಣಾಂಶವನ್ನು ಪಡೆಯುವುದು. ಮತ್ತು ಅದರ ಉಷ್ಣಾಂಶವನ್ನು ಹೆಚ್ಚಿಸುವುದು ಏಕೆ ಲಾಭಕರ ? ವಿಷಯವೇನೆಂದರೆ – ಸಾಧಿಸ

ಲಾಗುವ ಅತ್ಯುಚ್ಚಮಟ್ಟದ ದಕ್ಷತೆಯು $1-T/T_0$ಗೆ ಸಮವಾಗಿರುವುದೆಂದು ನಾವು ಖಚಿತವಾಗಿ ಸಮರ್ಥಿಸಬಹುದು, ಇದರಲ್ಲಿ $T$ಯು ಕಾರ್ಯಕಾರಿ ಕಾಯದ ಉಷ್ಣಾಂಶ, ಮತ್ತು $T_0$ ಎಂಬುದು ಸುತ್ತುಮುತ್ತಲಿನ ಉಷ್ಣಾಂಶ. ಈ ಸಮರ್ಥನೆಯು ಬೇಸರಗೊಳಿಸುವಂಥದೂ ಸ್ವಾರಸ್ಯವಿಲ್ಲದುದೂ ಆಗಿರುವುದರಿಂದ ಅದನ್ನು ಕೊಡದೆ ಬಿಟ್ಟಿದ್ದೇವೆ. ಅನೇಕ ಸಂದರ್ಭಗಳಲ್ಲಿ ನಮ್ಮ ಹಲವಾರು ನಿರೂಪಣೆಗಳ ವಿಚಾರದಲ್ಲಿ ನಮ್ಮ ಮಾತನ್ನು ಸುಮ್ಮನೆ ಒಪ್ಪಬೇಕೆಂದು ವಾಚಕರನ್ನು ಕೇಳಿಕೊಂಡಿದ್ದೇವೆ. ಆದ್ದರಿಂದ ಸುತ್ತುಮುತ್ತಲಿನ ಉಷ್ಣಾಂಶದ, ಅಂದರೆ ಸುತ್ತಲಿರುವ ಮಾಧ್ಯಮದ ಉಷ್ಣಾಂಶದ, ವಿಚಾರದಲ್ಲಿ ನಾವು ಹೆಚ್ಚೇನೂ ಮಾಡಲು ಸಾಧ್ಯವಿಲ್ಲದಿರುವುದರಿಂದ, ಕಾರ್ಯಕಾರಿ ಕಾಯದ ಉಷ್ಣಾಂಶವನ್ನು ಆದಷ್ಟೂ ಹೆಚ್ಚಿಸಲು ಎಲ್ಲಾ ಪ್ರಯತ್ನವನ್ನೂ ಮಾಡಬಹುದು. ಆದರೆ – ದುರದೃಷ್ಟದಿಂದ ಒಂದು 'ಆದರೆ' ಇರುವುದು – ಬಹು ಹೆಚ್ಚು ಸಂಕುಚಿತವಾಗಿರುವ ಇಂಧನ ಮಿಶ್ರಣವು ಸ್ಫೋಟಿಸುವುದು (ಪುಟ 269ನ್ನು ನೋಡಿ). ಆಗ ಕಾರ್ಯಕಾರಿ ಹುಟ್ಟು ಎಂಜಿನನ್ನು ಕೆಡಿಸುವಂತಹ ಒಂದು ಪ್ರಬಲವಾದ ಸಿಡಿತದ ವೈಲಕ್ಷಣ ಹೊಂದುವುದು.

ಗ್ಯಾಸೋಲಿನಿನ ಸ್ಫೋಟಕ ಗುಣಗಳನ್ನು ಕಡಿಮೆ ಮಾಡುವುದಕ್ಕೋಸ್ಕರ ವಿಶಿಷ್ಟವಾದ ಕ್ರಮಗಳನ್ನು ತೆಗೆದುಕೊಳ್ಳಬೇಕಾಗುವುದು. ಆಗಲೇ ಹೆಚ್ಚು ಬೆಲೆ ಬಾಳುವ ಇಂಧನದ ಬೆಲೆ ಇದರಿಂದ ಇನ್ನೂ ಬಹುಮಟ್ಟಿಗೆ ಹೆಚ್ಚಾಗುವುದು.

ಕಾರ್ಯಕಾರಿ ಹುಟ್ಟಿನ ಕಾಲದಲ್ಲಿ ಉಷ್ಣಾಂಶವನ್ನು ಹೆಚ್ಚಿಸುವುದರ ಸಮಸ್ಯೆಗಳನ್ನು, ಅಂದರೆ ಸ್ಫೋಟನವಾಗುವುದನ್ನು ತಪ್ಪಿಸುವುದು ಮತ್ತು ಇಂಧನದ ಬೆಲೆಯನ್ನು ಇಳಿಸುವುದು, ಇವುಗಳನ್ನು ಡೀಸೆಲ್ ಎಂಜಿನಿನಲ್ಲಿ ಯಶಸ್ವಿಯಾಗಿ ಬಗೆಹರಿಸಲಾಗಿದೆ.

ಡೀಸೆಲ್ ಎಂಜಿನ್ನಿನ ರಚನಾಕ್ರಮವು ಗ್ಯಾಸೋಲಿನ್ ಎಂಜಿನನ್ನು ಬಹುಮಟ್ಟಿಗೆ ಹೋಲುತ್ತದೆ, ಆದರೆ ಗ್ಯಾಸೋಲಿನ್‌ಗಿಂತ ಕಮ್ಮಿ ಬೆಲೆಯ ಮತ್ತು ಕೆಳದರ್ಜೆಯ ಎಣ್ಣೆಯ ಆಸವನ ಉತ್ಪನ್ನಗಳಿಗಾಗಿ ಅದನ್ನು ಕಲ್ಪಿಸಲಾಗಿದೆ.

ಶುದ್ಧ ಗಾಳಿಯನ್ನು ಉರುಳೆಯೊಳಕ್ಕೆ ಬಿಡುವುದರೊಡನೆ ಆವರ್ತ ಪ್ರಾರಂಭವಾಗುವುದು. ಆಮೇಲೆ ಗಾಳಿಯು ಆದುಮೆಗೆಯುಂದ ಹೆಚ್ಚು ಕಡಿಮೆ 20 atm

(ವಾ.ಮು.ಒ.)ಗೆ ಸಂಕೋಚನಗೊಳ್ಳುವುದು. ಎಂಜಿನನ್ನು ಕೈಯಿಂದ ತಿರುಗಿಸಿ ಇಷ್ಟು ಹೆಚ್ಚುಮಟ್ಟದ ಸಂಕೋಚನವನ್ನು ಉಂಟುಮಾಡುವುದು ಬಹಳ ಕಷ್ಟ. ಆದ್ದರಿಂದ, ಡೀಸೆಲ್ ಎಂಜಿನ್ನುಗಳನ್ನು ಒಂದು ಪ್ರತ್ಯೇಕ ಮೋಟಾರಿನ, ರೂಢಿಯಾಗಿ ಗ್ಯಾಸೋಲಿನ್ ಮೋಟಾರಿನ, ಅಥವಾ ಸಂಕುಚಿಸಲ್ಪಟ್ಟ ಗಾಳಿಯ ಸಹಾಯದಿಂದ ಓಡುವಂತೆ ಮಾಡಲಾಗುವುದು.

ಹೆಚ್ಚಾಗಿ ಸಂಕುಚಿಸಲ್ಪಟ್ಟಾಗ, ಉರುಳೆಯಲ್ಲಿನ ಗಾಳಿಯ ಉಷ್ಣಾಂಶವು ಇಂಧನದ ಮಿಶ್ರಣ ಹೊತ್ತಿಕೊಳ್ಳಲು ಸಾಕಾಗುವಷ್ಟು ಏರುವುದು. ಆದರೆ ಅದನ್ನು ಹೆಚ್ಚಾದ ಒತ್ತಡವಿರುವ ಉರುಳೆಯೊಳಕ್ಕೆ ಹೇಗೆ ಪ್ರವೇಶಮಾಡಿಸುವುದು ? ಒಂದು ಒಳಹಾಯಿಕೆ ಕವಾಟವು ಇಲ್ಲಿ ಯುಕ್ತವಲ್ಲ. ಅದಕ್ಕೆ ಬದಲಾಗಿ ಒಂದು ಸಣ್ಣ ತೆರಪಿನ ಮೂಲಕ ಉರುಳೆಯೊಳಕ್ಕೆ ಇಂಧನವನ್ನು ದೂಡುವ ಒಂದು ತುಂತುರು ಯಂತ್ರವನ್ನು ಉಪಯೋಗಿಸಲಾಗುವುದು. ಅದು ಪ್ರವೇಶಿಸಿದ ಕೂಡಲೇ ಹೊತ್ತಿಕೊಳ್ಳುವುದು. ಇದರಿಂದ ಗ್ಯಾಸೋಲಿನ್ ಎಂಜಿನ್ನಿನಲ್ಲಿ ಅದಕ್ಕೆ ಹೆಚ್ಚು ಅವಕಾಶವಿರುವ ಸ್ಫೋಟನೆಯ ಅಪಾಯವು ಇಲ್ಲದಂತೆ ಆಗುವುದು.

ಸ್ಫೋಟನೆಯ ಅಪಾಯವನ್ನು ತಪ್ಪಿಸುವುದರಿಂದ ಸಾವಿರಾರು ಅಶ್ವ ಶಕ್ತಿಗಳುಳ್ಳ ನಿಧಾನವಾದ ಡೀಸೆಲ್‌ಗಳನ್ನು ತಯಾರಿಸುವುದು ಸಾಧ್ಯವಾಗುವುದು. ಅವು ಹೆಚ್ಚು ಗಾತ್ರಪರಿಮಾಣಗಳುಳ್ಳದ್ದಾಗುವುದು ಸಹಜವೇ ಆದರೂ, ಒಂದು ಆವಿಯ ಕುದಿ ಪಾತ್ರೆ ಮತ್ತು ಟರ್ಬೈನ್ ಇವುಗಳ ಜೋಡಣೆಯಿಂದಾದ ವ್ಯವಸ್ಥೆಗಿಂತ ಅಡಕವಾಗಿರುವುದು.

ಡೀಸೆಲ್ ಎಂಜಿನ್ನಿಗೂ ಮತ್ತು ಪಟಲಕ್ಕೂ (blade) ನಡುವೆ ಒಂದು ಏಕಮುಖ ವಿದ್ಯುತ್ತಿನ ಜನಕಯಂತ್ರ ಮತ್ತು ಮೋಟಾರ್ ಇರುವ ಹಡಗಿಗೆ ಡೀಸೆಲ್-ಎಲೆಕ್ಟ್ರಿಕ್ ಮೋಟಾರ್ ಹಡಗು ಎಂದು ಹೆಸರು.

ರೈಲು ದಾರಿಗಳಲ್ಲಿ ಈಗ ವಿಶೇಷವಾಗಿ ಉಪಯೋಗದಲ್ಲಿರುವ ಡೀಸೆಲ್ ರೈಲು ಎಂಜಿನ್ನುಗಳು ಇದೇ ಪ್ರಕಾರವೇ ರಚಿತವಾಗಿವೆ; ಅವುಗಳನ್ನು ಒಂದು ಪ್ರಕಾರದಲ್ಲಿ ಡೀಸೆಲ್-ಎಲೆಕ್ಟ್ರಿಕ್ ರೈಲು ಎಂಜಿನ್ನುಗಳೆಂದು ಕರೆಯಬಹುದು.

ನಾವು ಓದಿ ಪರಿಶೀಲಿಸಿದ ಅಂತರ್ದಹನ ಆದುಬೆಣೆ ಎಂಜಿನ್ನುಗಳು ತಮ್ಮ

ಮೂಲಭೂತ ರಚನಾ ಸಾಮಗ್ರಿಗಳಾದ ಉರುಳಿ, ಆಡುಬೆಣೆ, ಸುತ್ತುವ ಚಲನೆಯನ್ನುಂಟುಮಾಡಲು ಸಹಾಯಕವಾಗಿರುವ ಕೂಡುಪಟ್ಟಿ ಮತ್ತು ಕ್ರ್ಯಾಂಕ್ ವ್ಯವಸ್ಥೆ – ಇವುಗಳನ್ನು ಈಗ ಕ್ರಮಕ್ರಮವಾಗಿ ಕಣ್ಮರೆಯಾಗುತ್ತಿರುವ ಆವಿ ಎಂಜಿನ್ನಿನಿಂದ ಬಳಸಿಕೊಂಡಿದೆ. ಆವಿ ಎಂಜಿನನ್ನು "ಬಾಹ್ಯ-ದಹನ ಆಡುಬೆಣೆ ಎಂಜಿನ್" ಎಂದು ಕರೆದಿರಬಹುದಾಗಿತ್ತು. ಬಳಸಲು ಕಷ್ಟವಾದ ಆವಿ ಕುದಿಪಾತ್ರೆ ಮತ್ತು ಅಂತಹುದೇ ಆದ ಸ್ಥಾನಾಂತರ ಚಲನೆಯನ್ನು ಸುತ್ತು ಚಲನೆಗೆ ಪರಿವರ್ತಿಸುವ ವ್ಯವಸ್ಥೆ ಇವುಗಳ ಒಟ್ಟುಗೂಡಿಕೆಯೇ ಇತರ ಆಧುನಿಕ ಎಂಜಿನುಗಳೊಡನೆ ಆವಿ ಎಂಜಿನ್ ಯಶಸ್ವಿಯಾಗಿ ಸ್ಪರ್ಧಿಸುವುದನ್ನು ತಪ್ಪಿಸುವುದು.

ಆಧುನಿಕ ಆವಿ ಎಂಜಿನ್ನುಗಳು ಸುಮಾರು ಶೇಕಡ 10ರಷ್ಟರ ದಕ್ಷತೆಯನ್ನು ಹೊಂದಿರುವುವು. ಈಗ ತಯಾರಿಕೆಯಿಂದ ಕಳೆಯಲಾಗಿರುವ ರೈಲು ಎಂಜಿನ್ನುಗಳು ತಾವು ಉರಿಸಿದ ಇಂಧನದ ಶೇಕಡ 95ರವರೆಗಿನ ಭಾಗವನ್ನು ನಿಷ್ಪ್ರಯೋಜಕವಾಗಿ ಹೊಗೆ ಕೊಳವಿಯಿಂದ ಹೊರಕ್ಕೆ ಬಿಡುತ್ತಿದ್ದುವು.

ಈ "ದಾಖಲೆಯನ್ನು ಮೀರಿಸಿರುವ" ಕಡಿಮೆ ಮಟ್ಟದ ದಕ್ಷತೆಯನ್ನು, ರೈಲು ಎಂಜಿನ್ನಿನಲ್ಲಿ ಇಡುವುದಕ್ಕೋಸ್ಕರ ರಚಿಸಿದ ಆವಿ ಕುದಿಪಾತ್ರೆಯ ಲಕ್ಷಣಗಳನ್ನು ನಿಶ್ಚಲವಾಗಿರುವ ಆವಿ ಕುದಿಪಾತ್ರೆಯೊಡನೆ ಹೋಲಿಸಿದಾಗ ಅವುಗಳಲ್ಲಿ ಅನಿವಾರ್ಯವಾಗಿ ಕಂಡುಬರುವ ಕ್ಷೀಣತೆಯಿಂದ ಅರ್ಥಮಾಡಿಕೊಳ್ಳಬಹುದು.

ಹಾಗಾದರೆ, ಸಾಗಣೆಗಾಗಿ ಇಷ್ಟು ದೀರ್ಘಕಾಲ ಇಷ್ಟು ವ್ಯಾಪಕವಾಗಿ ಆವಿ ಎಂಜಿನ್ನುಗಳನ್ನು ಏಕೆ ಉಪಯೋಗಿಸಲಾಯಿತು ? ರೂಢಿಯಾದ ಪರಿಹಾರಗಳನ್ನು ಅನುಸರಿಸುವುದು ಮಾತ್ರವಲ್ಲದೆ. ಒಂದು ಆವಿ ಎಂಜಿನ್ ಬಹಳ ಉತ್ತಮ ರೀತಿ ಎಳೆಯುವ ಸಾಮರ್ಥ್ಯವಿರುವ ವಿಷಯವೂ ಇದರಲ್ಲಿ ಪಾತ್ರವಹಿಸಿದೆ : ಆಡುಬೆಣೆಯ ವಿಸ್ಥಾಪನೆಯನ್ನು ತಡೆಯುವ ಹೊರೆಯ ಬಲವು ಹೆಚ್ಚಾಗಿದ್ದಷ್ಟೂ, ಆವಿಯು ಅದರ ಮೇಲೆ ಪ್ರಯೋಗಿಸುವ ಬಲವೂ ಹೆಚ್ಚಾಗಿರುತ್ತದೆ. ಅಂದರೆ ಒಂದು ಆವಿ ಎಂಜಿನ್ ಉಂಟುಮಾಡುವ ಭ್ರಾಮಕ ಶಕ್ತಿಯು ಆಡುಬೆಣೆ ಇರುವ ಪರಿಸ್ಥಿತಿಗಳಲ್ಲಿ ಹೆಚ್ಚಾಗುತ್ತದೆ. ಇದು ಸಾಗಣೆಗೆ ಮುಖ್ಯವಾದ ವಿಷಯ. ಆದರೆ. ವಾಸ್ತವವಾಗಿ ಆವಿ ಎಂಜಿನ್ನಿನಲ್ಲಿ ಚಾಲಕ ಅಕ್ಷಗಳಿಗೆ ವ್ಯತ್ಯಾಸವಾಗಬಲ್ಲ ವಹನದ ತೊಡಕಾದ

ವ್ಯವಸ್ಥೆ ಬೇಕಾಗಿಲ್ಲವೆಂಬುದು ಅವರ ಮೂಲಭೂತ ನ್ಯೂನತೆ, ಅಂದರೆ ಕಡಿಮೆ ಪ್ರಮಾಣದ ದಕ್ಷತೆಯನ್ನು, ಎಳ್ಳಷ್ಟೂ ಪರಿಹರಿಸುವುದಿಲ್ಲ. ಆವಿ ಎಂಜಿನನ್ನು ಇತರ ಎಂಜಿನುಗಳು ಹಿಮ್ಮೆಟ್ಟಿಸುವುದಕ್ಕೆ ಇದೇ ಕಾರಣ.

# 8. ಉಷ್ಣಬಲಕ್ರಿಯಾಶಾಸ್ತ್ರದ ನಿಯಮಗಳು

## ಆಣವಿಕ ಮಟ್ಟದಲ್ಲಿ ಶಕ್ತಿಯ ನಿತ್ಯತ್ವ

ಉಷ್ಣಬಲಕ್ರಿಯಾಶಾಸ್ತ್ರದ ನಿಯಮಗಳು ಪ್ರಕೃತಿಯ ಮೂಲಭೂತ ನಿಯಮಗಳಿಗೆ ಸೇರಿದವು. ಇಂತಹ ನಿಯಮಗಳು ಬಹು ಸಂಖ್ಯೆಯಲ್ಲಿ ಇಲ್ಲ. ಅವುಗಳನ್ನು ನಿಮ್ಮ ಕೈಬೆರಳುಗಳಲ್ಲಿ ಎಣಿಸಬಹುದು.

ಭೌತವಿಜ್ಞಾನವನ್ನೂ ಸೇರಿಸಿಕೊಂಡು ವಿಜ್ಞಾನದ ಮುಖ್ಯವಾದ ಗುರಿಯು ಪ್ರಕೃತಿಯ ಘಟನೆಗಳನ್ನು ವ್ಯವಸ್ಥೆಗೊಳಿಸುವ ವಿಧಿಗಳು, ಕ್ರಮಬದ್ಧತೆಗಳು, ಸಾಮಾನ್ಯ ನಿಯಮಗಳು ಮತ್ತು ಮೂಲಭೂತ ನಿಯಮಗಳು ಇವುಗಳ ಅನ್ವೇಷಣೆಯೇ ಆಗಿರುವುದು. ಈ ಅನ್ವೇಷಣೆಯು ಸಮೀಕ್ಷೆಗಳು ಅಥವಾ ಪ್ರಯೋಗಗಳಿಂದ ಪ್ರಾರಂಭವಾಗುವುದು. ಇದರಿಂದಾಗಿಯೇ ನಮ್ಮ ತಿಳಿವಳಿಕೆಯೆಲ್ಲಾ ಅನುಭವಾತ್ಮಕ ಅಥವಾ ಪ್ರಾಯೋಗಿಕವಾದದ್ದೆಂದು ಹೇಳುತ್ತೇವೆ. ಪರಿಶೋಧನೆ ಮತ್ತು ಸಮೀಕ್ಷೆ ಆದಮೇಲೆ ಒಂದು ಸಾಮಾನ್ಯ ಸೂತ್ರದ ಅನ್ವೇಷಣೆಯು ಆರಂಭವಾಗುವುದು. ಪಟ್ಟುಹಿಡಿದು ಮಾಡಿದ ಬುದ್ಧಿಕಾರ್ಯ, ಮನನ, ಗಣನೆಗಳು ಮತ್ತು ಸ್ಫೂರ್ತಿ – ಇವು ಪ್ರಕೃತಿಯ ನಿಯಮಗಳನ್ನು ಕಂಡುಹಿಡಿಯಲು ನೆರವಾಗುತ್ತವೆ. ಆಮೇಲೆ ಬರುವುದು ಮೂರನೆಯ ಘಟ್ಟ : ಸಾಮಾನ್ಯ ನಿಯಮಗಳಿಂದ ಪ್ರಯೋಗಗಳ ಸಹಾಯದಿಂದ ಸಮರ್ಥಿಸಲಾಗುವ ಅವುಗಳ ಪರಿಣಾಮಗಳನ್ನೂ ಮತ್ತು ವಿಶಿಷ್ಟ ನಿಯಮಗಳನ್ನೂ ಕಟ್ಟುನಿಟ್ಟಾದ ತರ್ಕಬದ್ಧ ರೀತಿಯಲ್ಲಿ ಅನುಮಾನಿಸುವುದು. ಪ್ರಾಸಂಗಿಕವಾಗಿ. ಒಂದು ಘಟನೆಯ ವಿವರಣೆ ಇದೇ ಆಗಿರುವುದು.

ವಿವರಣೆ ಕೊಡುವುದು ಎಂದರೆ ಒಂದು ವಿಶಿಷ್ಟ ವಿಷಯಕ್ಕೂ ಸಾಮಾನ್ಯ ನಿಯಮಕ್ಕೂ ಪರಸ್ಪರ ಸಂಬಂಧವನ್ನು ಪ್ರದರ್ಶಿಸುವುದು.

ನಿಯಮಗಳನ್ನು ಕನಿಷ್ಠ ಸಂಖ್ಯೆಯ ಆಧಾರ ಪ್ರತಿಜ್ಞೆಗಳಿಗೆ ಇಳಿಸುವ ಜಯಪ್ರದ ಪ್ರಯತ್ನಗಳೇ ವಿಜ್ಞಾನದ ಒಂದು ಗಣನೀಯ ಧ್ಯೇಯ. ಭೌತವಿಜ್ಞಾನಿಗಳು ಇಂತಹ ಸದವಕಾಶಗಳನ್ನು ಬೇಸರವಿಲ್ಲದೆ ಅರಸುತ್ತಿರುವರು; ಪ್ರಕೃತಿಯ ವಿಚಾರದ ಸಮಗ್ರ ಜ್ಞಾನ ಸಮುದಾಯವನ್ನು ಸಂಕ್ಷಿಪ್ತವಾಗಿಯೂ ಅಂದವಾಗಿಯೂ ಇರುವ ಹಲವು ಸೂತ್ರಗಳ ಮೂಲಕ ನಿರೂಪಿಸಲು ಪ್ರಯತ್ನಿಸುವರು. ಆಲ್ಬರ್ಟ್ ಐನ್‌ಸ್ಟೈನನು ಗುರುತ್ವಾಕರ್ಷಕ ಮತ್ತು ವಿದ್ಯುತ್ಕಾಂತೀಯ ಕ್ಷೇತ್ರಗಳ ನಿಯಮಗಳನ್ನು ಒಂದುಗೂಡಿಸುವುದಕ್ಕಾಗಿ ಸುಮಾರು ಮೂವತ್ತು ವರ್ಷಗಳ ಕಾಲ ಪ್ರಯತ್ನ ನಡೆಸಿದನು. ಇದು ಸಾಧ್ಯವಾಗುವುದೋ ಇಲ್ಲವೋ ಎಂಬುದನ್ನು ಭವಿಷ್ಯತ್ಕಾಲವೇ ತೋರಿಸುವುದು.

ಹಾಗಾದರೆ, ಉಷ್ಣಬಲಕ್ರಿಯಾಶಾಸ್ತ್ರದ ಈ ನಿಯಮಗಳು ಯಾವುವು? ಅತಿ ಸಂಗ್ರಹವಾದ ನಿರ್ದೇಶವು ಸ್ವಲ್ಪಮಟ್ಟಿಗೆ ನಿಷ್ಕೃಷ್ಟವಲ್ಲದುದಾಗಿರುವುದು ಅನಿವಾರ್ಯ. ಪ್ರಾಯಶಃ **ಉಷ್ಣಬಲಕ್ರಿಯಾಶಾಸ್ತ್ರ**ವನ್ನು ಕಾಯಗಳು ಶಕ್ತಿಯನ್ನು ಪರಸ್ಪರ ವಿನಿಮಯ ಮಾಡಿಕೊಳ್ಳುವ ವಿಧಿಗಳ ವ್ಯಾಸಂಗವೆಂದು ಪ್ರತಿಪಾದಿಸಿದರೆ ವಿಷಯದ ಮುಖ್ಯಾಂಶಕ್ಕೆ ಅತ್ಯಂತ ಹತ್ತಿರ ಸರಿದಂತಾಗಬಹುದು. ಕಾಯಗಳ ತಾಪೀಯ ಮತ್ತು ಯಾಂತ್ರಿಕ ಗುಣಗಳ ನಡುವಿನ ತರ್ಕಬದ್ಧ ಸಂಬಂಧಗಳನ್ನು ಗಣಿತಶಾಸ್ತ್ರದ ವಿಧಾನಗಳಿಂದ ಕಂಡುಹಿಡಿಯುವುದೂ ಮತ್ತು ಕಾಯಗಳ ಅವಸ್ಥಾಪರಿವರ್ತನೆಗೆ ಸಂಬಂಧಪಟ್ಟ ಕೆಲವು ಮುಖ್ಯ ವಿಧಿಗಳನ್ನು ಸ್ಥಿರಪಡಿಸುವುದೂ ಉಷ್ಣಬಲಕ್ರಿಯಾಶಾಸ್ತ್ರದ ನಿಯಮಗಳಿಂದ ಸಾಧ್ಯವಾಗುತ್ತದೆ. ಪ್ರಾಯಶಃ, ನಾವು ಈಗ ಗಮನಿಸಬೇಕಿರುವ ಭೌತವಿಜ್ಞಾನದ ವಿಭಾಗಕ್ಕೆ ಕೊಡಬಹುದಾದ ಅತ್ಯಂತ ಉಚಿತವಾದ ನಿರೂಪಣೆಯು ಈ ಮುಂದಿನ ಸಾಮಾನ್ಯ ಹೇಳಿಕೆ : ಉಷ್ಣಬಲಕ್ರಿಯಾಶಾಸ್ತ್ರವು ಅದರ ಮೊದಲನೆಯ ಮತ್ತು ಎರಡನೆಯ ನಿಯಮಗಳ ಪರಿಣಾಮವಾಗಿ ಬರುವ ತೀರ್ಮಾನಗಳ ಒಟ್ಟು ಮೊತ್ತ.

ಉಷ್ಣಬಲಕ್ರಿಯಾಶಾಸ್ತ್ರದ ಮೊದಲನೆಯ ನಿಯಮವು ಹಿಂದೆ ಭೌತವಿಜ್ಞಾನಿ

ಗಳು ಅಣುಗಳ ಹೆಸರನ್ನು ಹೇಳಲು ಇಷ್ಟಪಡದಿದ್ದ ಕಾಲದಲ್ಲಿ ಸಂಕ್ಷಿಪ್ತವಾದ ಮತ್ತು ಭಾವಪ್ರದರ್ಶಕವಾದ ರೂಪದಲ್ಲಿ ಸೂತ್ರೀಕರಿಸಲ್ಪಟ್ಟಿತು. ಇಂತಹ ಒಂದು ಸೂತ್ರೀಕರಣವನ್ನು (ಅದು ನಮ್ಮನ್ನು ಕಾಯದ "ಒಳಕ್ಕೆ ಪ್ರವೇಶಿಸಬೇಕೆಂದು" ನಿರ್ಬಂಧಿಸುವುದಿಲ್ಲ) ಘಟನಾತ್ಮಕ, ಎಂದರೆ ಘಟನೆಗಳಿಗೆ ಅನ್ವಯಿಸಿದಂತೆ, ಎಂದು ಹೇಳಲಾಗುವುದು. ಉಷ್ಣಬಲಕ್ರಿಯಾಶಾಸ್ತ್ರದ ಮೊದಲನೆಯ ನಿಯಮವು ಶಕ್ತಿ ನಿತ್ಯತ್ವ ನಿಯಮದ ಒಂದು ಸಂಸ್ಕರಣ ಮತ್ತು ವಿಸ್ತರಣವಾಗಿದೆ.

ಒಂದು ಕಾಯವು ಚಲನ ಮತ್ತು ಸ್ಥಿತಿಜ ಶಕ್ತಿಗಳನ್ನು ಹೊಂದಿರುವುದೆಂದೂ ಮತ್ತು ಒಂದು ಮುಚ್ಚಿದ ವ್ಯವಸ್ಥೆಯಲ್ಲಿ ಈ ಶಕ್ತಿಗಳ ಮೊತ್ತವನ್ನು – ಒಟ್ಟು ಶಕ್ತಿಯನ್ನು – ನಾಶಪಡಿಸುವುದಾಗಲಿ ಅಥವಾ ಉಂಟುಮಾಡುವುದಾಗಲಿ ಸಾಧ್ಯವಿಲ್ಲವೆಂದೂ ಸ್ಥಿರಪಡಿಸಿದ್ದೇವೆ. ಶಕ್ತಿಯು ಸ್ಥಾಯಿಯಾಗಿರುವುದು.

ಆಕಾಶ ಕಾಯಗಳ ಚಲನೆಯ ವಿಚಾರವನ್ನು ಬಿಟ್ಟರೆ, ಸುತ್ತಮುತ್ತಲಿನ ಕಾಯಗಳು ಕಾಯದೇ ಅಥವಾ ತಂಪಾಗದೇ ಇರುವ ಯಾಂತ್ರಿಕ ಚಲನೆಯು ಇಲ್ಲವೆಂದು ಹೇಳಿದರೆ ಅತಿಶಯೋಕ್ತಿಯಾಗುವುದಿಲ್ಲ. ಒಂದು ಕಾಯವು ಘರ್ಷಣೆಯಿಂದ ನಿಲ್ಲಿಸಲ್ಪಟ್ಟರೆ ಮೊದಲ ನೋಟಕ್ಕೆ ಅದರ ಚಲನ ಶಕ್ತಿಯು ನಾಶವಾದಂತೆ ತೋರುವುದು. ಆದರೆ ಈ ಮೊದಲಿನ ಅಭಿಪ್ರಾಯವು ತಪ್ಪಾದುದು. ವಾಸ್ತವದಲ್ಲಿ, ಸ್ಥಾಯಿತ್ವವು ಪೂರ್ತಿ ನಿಷ್ಕೃಷ್ಟತೆಯಿಂದ ಉಳಿದಿದೆ ಎಂದು ಸಮರ್ಥಿಸಬಹುದು: ಕಾಯದ ಯಾಂತ್ರಿಕ ಶಕ್ತಿಯನ್ನು ಸುತ್ತಲಿರುವ ಮಾಧ್ಯಮವನ್ನು ಬಿಸಿಮಾಡುವುದಕ್ಕೆ ಬಳಸಲಾಗಿದೆ. ಆಣವಿಕ ಮಟ್ಟದಲ್ಲಿ ಇದರ ಅರ್ಥವೇನು? ಕಾಯದ ಚಲನ ಶಕ್ತಿಯು ಅಣುಗಳ ಚಲನ ಶಕ್ತಿಯಾಗಿ ಮಾರ್ಪಟ್ಟಿದೆ. ಅಷ್ಟೆ.

ಇದೇನೋ ಸ್ಪಷ್ಟವಾಗಿದೆ, ಆದರೆ ಮಂಜುಗಡ್ಡೆಯನ್ನು ಒಂದು ಕಲುತ್ತಿನಲ್ಲಿ ಕುಟ್ಟಣಿಗೆಯಿಂದ ಜಜ್ಜಿದಾಗ ಏನಾಗುವುದು? ನಾವು ಕುಟ್ಟುತ್ತಾ ಇರುತ್ತೇವೆ ಮತ್ತು ಉಷ್ಣಮಾಪಕದ ತೋರುಸಂಖ್ಯೆಯು ಆ ಕಾಲದಲ್ಲೆಲ್ಲಾ ಶೂನ್ಯದಲ್ಲಿಯೇ ಇರುತ್ತದೆ. ನಾವು ವ್ಯಯಮಾಡಿದ ಯಾಂತ್ರಿಕ ಶಕ್ತಿಯು ಕಣ್ಮರೆಯಾದಂತೆ ಕಾಣುವುದು. ಇಲ್ಲದಿದ್ದರೆ ಅದಕ್ಕೆ ಏನಾಯ್ತು? ಪುನಃ ಇದಕ್ಕೆ ಸ್ಪಷ್ಟವಾದ ಉತ್ತರ ದೊರಕುತ್ತದೆ: ಮಂಜುಗಡ್ಡೆ ನೀರಾಗಿ ಮಾರ್ಪಟ್ಟಿದೆ. ಇದರ ಅರ್ಥವೇನೆಂದರೆ, ಯಾಂತ್ರಿಕ

ಶಕ್ತಿಯು ಅಣುಗಳ ನಡುವಿನ ಬಂಧನಗಳನ್ನು ಒಡೆಯುವುದಕ್ಕೆ ಉಪಯೋಗವಾಗಿದೆ, ಮತ್ತು ಅವುಗಳ ಆಂತರಿಕ ಶಕ್ತಿಯಲ್ಲಿ ವ್ಯತ್ಯಾಸ ಉಂಟಾಗಿದೆ. ಒಂದು ಕಾಯದ ಯಾಂತ್ರಿಕ ಶಕ್ತಿಯು ಕಣ್ಮರೆಯಾದ ಪ್ರತಿ ಸಂದರ್ಭದಲ್ಲಿಯೂ, ಇದು ತೋರಿಕೆ ಮಾತ್ರವಾಗಿದ್ದು, ವಾಸ್ತವವಾಗಿ ಯಾಂತ್ರಿಕ ಶಕ್ತಿಯು ಸಮೀಕ್ಷೆಗೆ ಒಳಗಾಗಿರುವ ಕಾಯಗಳ ಆಂತರಿಕ ಶಕ್ತಿಯಾಗಿ ಪರಿವರ್ತಿತವಾಗಿದೆಯೆಂದು ಕಂಡುಬರುತ್ತದೆ.

ಮುಚ್ಚಿರುವ ಒಂದು ವ್ಯವಸ್ಥೆಯಲ್ಲಿ, ಕೆಲವು ಕಾಯಗಳು ಆಂತರಿಕ ಶಕ್ತಿಯನ್ನು ಕಳೆದುಕೊಳ್ಳಬಹುದು ಮತ್ತು ಇತರ ಕಾಯಗಳು ಹೆಚ್ಚಿಸಿಕೊಳ್ಳಬಹುದು. ಆದರೆ ಎಲ್ಲಾ ಕಾಯಗಳ ಆಂತರಿಕ ಶಕ್ತಿಗಳ ಮೊತ್ತವನ್ನು ಅವುಗಳ ಯಾಂತ್ರಿಕ ಶಕ್ತಿಗಳಿಗೆ ಕೂಡಿಸಿ ಬಂದ ಮೊತ್ತವು ಕೊಡಲ್ಪಟ್ಟಿರುವ ವ್ಯವಸ್ಥೆಯಲ್ಲಿ ಅವ್ಯತ್ಯಸ್ತವಾಗಿ ಉಳಿಯುವುದು.

ಈಗ ಯಾಂತ್ರಿಕ ಶಕ್ತಿಯಿಂದ ಬೇರೆ ಕಡೆಗೆ ನಮ್ಮ ಗಮನವನ್ನು ತಿರುಗಿಸೋಣ. ಕಾಲದ ಎರಡು ಕ್ಷಣಗಳನ್ನು ಭಾವನೆಯಲ್ಲಿಟ್ಟುಕೊಳ್ಳೋಣ. ಮೊದಲನೆಯ ಕ್ಷಣದಲ್ಲಿ ಕಾಯಗಳು ನಿಶ್ಚಲವಾಗಿದ್ದುವು, ಆಮೇಲೆ ಕೆಲವು ಸಂಭವಗಳು ಉಂಟಾದುವು ಮತ್ತು ಎರಡನೆಯ ಕ್ಷಣದಲ್ಲಿ ಕಾಯಗಳು ಪುನಃ ನಿಶ್ಚಲವಾಗಿರುವುವು. ವ್ಯವಸ್ಥೆಯಲ್ಲಿನ ಎಲ್ಲಾ ಕಾಯಗಳ ಆಂತರಿಕ ಶಕ್ತಿಯು ಅವ್ಯತ್ಯಸ್ತವಾಗಿತ್ತೆಂದು ನಮಗೆ ಖಚಿತವಾಗಿ ತಿಳಿದಿದೆ. ಆದರೆ ಕೆಲವು ಕಾಯಗಳು ಶಕ್ತಿಯನ್ನು ಕಳೆದುಕೊಂಡಿವೆ, ಮತ್ತೆ ಕೆಲವು ಶಕ್ತಿಯನ್ನು ಗಳಿಸಿವೆ. ಇದು ಎರಡು ವಿಧಗಳಲ್ಲಿ ಸಂಭವಿಸಿರಬಹುದು. ಒಂದು ಕಾಯವು ಮತ್ತೊಂದರ ಮೇಲೆ ಯಾಂತ್ರಿಕ ಕ್ರಿಯಾಶಕ್ತಿಯನ್ನು ನೆರವೇರಿಸಿರಬಹುದು (ಉದಾಹರಣೆಗೆ, ಅದನ್ನು ಸಂಕುಚಿಸುವುದರಿಂದಾಗಲಿ ಅಥವಾ ಎಳೆಯುವುದರಿಂದಾಗಲಿ) ಅಥವಾ ಒಂದು ಕಾಯವು ಮತ್ತೊಂದಕ್ಕೆ ಉಷ್ಣವನ್ನು ಸಾಗಿಸಿರಬಹುದು.

ಉಷ್ಣಬಲಕ್ರಿಯಾಶಾಸ್ತ್ರದ ಮೊದಲನೆಯ ನಿಯಮವು ಹೇಳುವುದೇನೆಂದರೆ, ಒಂದು ಕಾಯದ ಆಂತರಿಕ ಶಕ್ತಿಯಲ್ಲಿನ ವ್ಯತ್ಯಾಸವು ಆ ಕಾಯದ ಮೇಲೆ ಪ್ರಯೋಗವಾದ ಕ್ರಿಯಾಶಕ್ತಿ ಮತ್ತು ಅದಕ್ಕೆ ವರ್ಗಾಯಿಸಲಾದ ಉಷ್ಣ ಇವುಗಳ ಮೊತ್ತಕ್ಕೆ ಸಮವಾಗಿರುವುದು ಎಂದು.

ಉಷ್ಣ ಮತ್ತು ಕ್ರಿಯಾಶಕ್ತಿ ಇವು ಶಕ್ತಿಯು ಒಂದು ಕಾಯದಿಂದ ಮತ್ತೊಂದಕ್ಕೆ ಸಾಗಿಸಲಾಗುವ ಎರಡು ರೂಪಗಳು. ಉಷ್ಣದ ವಿನಿಮಯವು ಅಣುಗಳ ಅವ್ಯವಸ್ಥಿತ ಘರ್ಷಣೆಗಳಿಂದ ಏರ್ಪಡುವುದು. ಯಾಂತ್ರಿಕ ಶಕ್ತಿಯ ಸಾಗಾಣಿಕೆಯು ಒಂದು ಕಾಯದ "ಸಾಲು ಮತ್ತು ಓರಣ"ಗಳಲ್ಲಿ ಜೋಡಿಸಿರುವ ಅಣುಗಳು ತಮ್ಮ ಶಕ್ತಿಯನ್ನು ಮತ್ತೊಂದು ಕಾಯಕ್ಕೆ ಸಾಗಿಸುವುದರಿಂದಾಗುವುದು.

## ಉಷ್ಣವು ಕ್ರಿಯಾಶಕ್ತಿಯಾಗಿ ಪರಿವರ್ತನವಾಗುವುದು ಹೇಗೆ

ಈ ಶೀರ್ಷಿಕೆಯಲ್ಲಿ "ಉಷ್ಣ" ಎಂಬ ಪದವನ್ನು ಸ್ವಲ್ಪ ಅಜಾಗರೂಕತೆಯಿಂದ ಬಳಸಲಾಗಿದೆ. ಈಗ ತಾನೇ ಹೇಳಿರುವಂತೆ, ಉಷ್ಣವು ಶಕ್ತಿ ಸಾಗಣೆಯ ಒಂದು ರೂಪವಾಗಿದೆ. ಆದ್ದರಿಂದ, ಇದಕ್ಕಿಂತ ಸರಿಯಾದ ರೀತಿಯಲ್ಲಿ ಪ್ರಶ್ನೆಯನ್ನು ಹೇಳುವುದು ಹೀಗಿರುವುದು : ತಾಪೀಯ ಶಕ್ತಿಯನ್ನು, ಅಂದರೆ ಅಣುಗಳ ಚಲನ ಶಕ್ತಿಯನ್ನು ಕ್ರಿಯಾಶಕ್ತಿಗೆ ಹೇಗೆ ಪರಿವರ್ತಿಸುವುದು. ಆದರೆ "ಉಷ್ಣ" ಎಂಬ ಪದವು ರೂಢಿಯಲ್ಲಿ ಬಂದಿದೆ, ಸಂಕ್ಷಿಪ್ತವೂ ಮತ್ತು ಭಾವನಿರ್ದೇಶಕವೂ ಆಗಿದೆ. ಆದ್ದರಿಂದ ನಾವು ಈಗ ತಾನೆ ನಿಷ್ಕೃಷ್ಟವಾದ ರೀತಿಯಲ್ಲಿ ನಿರ್ದೇಶಿಸಿದ ಅರ್ಥದಲ್ಲಿ ಈ ಪದವನ್ನೇ ಉಪಯೋಗಿಸುತ್ತ ಹೋದರೆ ವಾಚಕನಿಗೆ ಗೊಂದಲ ಉಂಟಾಗುವುದಿಲ್ಲವೆಂದು ಆಶಿಸುತ್ತೇವೆ.

ನಮ್ಮ ಸುತ್ತಲೂ ಉಷ್ಣವು ಹೇರಳವಾಗಿದೆಯೆಂಬುದು ಸರಿ. ಆದರೆ, ದುರದೃಷ್ಟದಿಂದಾಗಿ, ಅಣುಗಳ ಚಲನೆಯ ಶಕ್ತಿಯು ಎಷ್ಟರಮಟ್ಟಿಗೆ ಕ್ರಿಯಾಶಕ್ತಿಗೆ ಪರಿವರ್ತನೆ ಮಾಡಲು ಸಾಧ್ಯವಿಲ್ಲವೋ ಅಷ್ಟು ನಿಷ್ಪ್ರಯೋಜಕವಾಗಿರುವುದು. ಇಂತಹ ಶಕ್ತಿಯನ್ನು ನಮ್ಮ ಶಕ್ತಿಯ ಮೂಲಗಳ ಪೈಕಿ ಸೇರಿಸುವುದು ಸಾಧ್ಯವೇ ಇಲ್ಲ. ಈ ವಿಷಯವನ್ನು ಪರಿಶೀಲಿಸೋಣ.

ತನ್ನ ಸಮತಾಸ್ಥಿತಿಯ ಸ್ಥಾನದಿಂದ ಎಳೆಯಲ್ಪಟ್ಟ ಒಂದು ಲೋಲಕವು ಎಂದಾದರೂ ನಿಶ್ಚಲ ಸ್ಥಿತಿಗೆ ಬರುವುದು. ತಲೆಕೆಳಗಾಗಿರುವ ಒಂದು ಬೈಸಿಕಲ್ಲಿನ ಚಕ್ರವನ್ನು ಕೈಯಿಂದ ತಿರುಗಿಸಿದಾಗ, ಅದು ಎಷ್ಟೋ ಸುತ್ತುಗಳು ತಿರುಗುತ್ತದೆ. ಆದರೆ ಕೊನೆಗೆ ನಿಂತು ಹೋಗುತ್ತದೆ. ಈ ಮುಂದಿನ ಮುಖ್ಯ ನಿಯಮಕ್ಕೆ ಅಪವಾದ ಯಾವುದೂ

ಇಲ್ಲ : ತಮಗೆ ತಾವೇ ಚಲಿಸುತ್ತಿರುವ ನಮ್ಮ ಸುತ್ತಲ ಎಲ್ಲಾ ಕಾಯಗಳೂ ನಿಶ್ಚಲ ಸ್ಥಿತಿಗೆ ಬರುವುವು*.

ಒಂದು ಬಿಸಿಮಾಡಿದ ಮತ್ತು ಇನ್ನೊಂದು ತಣ್ಣಗಿರುವ ಎರಡು ಕಾಯಗಳಿದ್ದರೆ, ಮೊದಲನೆಯ ಕಾಯದಿಂದ ಎರಡನೆಯದಕ್ಕೆ ಅವುಗಳ ಉಷ್ಣಾಂಶಗಳು ಸಮವಾಗುವವರೆಗೂ ಉಷ್ಣವು ಸಾಗಿಸಲ್ಪಡುವುದು. ಆಗ ಉಷ್ಣದ ಸಾಗಣೆಯು ನಿಂತುಹೋಗುವುದು ಮತ್ತು ಕಾಯಗಳ ಸ್ಥಿತಿಗಳ ಬದಲಾವಣೆ ಕೂಡ ನಿಲ್ಲುವುದು. ತಾಪೀಯ ಸಮತಾಸ್ಥಿತಿಯು ನೆಲಸಿದೆ.

ಒಂದು ಸಮತಾಸ್ಥಿತಿಯನ್ನು ತನ್ನಷ್ಟಕ್ಕೆ ತಾನೆ ಬಿಟ್ಟುಬರುವ ವಿದ್ಯಮಾನ ಯಾವುದೂ ಇಲ್ಲ. ಒಂದು ಅಕ್ಷದ ಮೇಲೆ ನಿಶ್ಚಲವಾಗಿರುವ ಚಕ್ರವು ಯಾವಾಗಲೂ ತನ್ನಷ್ಟಕ್ಕೆ ತಾನೇ ತಿರುಗಲಾರಂಭಿಸುವುದಿಲ್ಲ. ಮೇಜಿನ ಮೇಲಿರುವ ಒಂದು ಶಾಯಿ ಬುಡ್ಡಿಯು ತನ್ನಷ್ಟಕ್ಕೆ ತಾನೆ ಬಿಸಿಯಾಗುವುದು ಕೂಡ ಅಸಂಭವ.

ಸಮತಾಸ್ಥಿತಿಯ ಕಡೆಗೆ ಪ್ರವರ್ತನೆ ಇರುವುದರ ಅರ್ಥವೇನೆಂದರೆ ಘಟನೆಗಳು ಒಂದು ಸ್ವಾಭಾವಿಕ ಗತಿಯನ್ನನುಸರಿಸುವುವು : ಉಷ್ಣವು ಬಿಸಿಯಾಗಿರುವ ಒಂದು ಕಾಯದಿಂದ ತಣ್ಣಗಿರುವ ಒಂದು ಕಾಯಕ್ಕೆ ಸಾಗುವುದು, ಆದರೆ ಒಂದು ತಣ್ಣಗಿರುವ ಕಾಯದಿಂದ ಬಿಸಿಯಾಗಿರುವ ಕಾಯಕ್ಕೆ ತನ್ನಷ್ಟಕ್ಕೆ ತಾನೆ ಸಾಗಿಹೋಗಲಾರದು.

ಆಂದೋಲನ ಮಾಡುತ್ತಿರುವ ಒಂದು ಲೋಲಕದ ಯಾಂತ್ರಿಕ ಶಕ್ತಿಯು, ಗಾಳಿಯ ತಡೆ ಮತ್ತು ತೂಗು ಕೊಂಡಿಯಲ್ಲಿನ ಘರ್ಷಣೆ ಇವುಗಳ ಕಾರಣದಿಂದ ಉಷ್ಣಕ್ಕೆ ಮಾರ್ಪಡುವುದು. ಆದರೆ ಯಾವ ಸಂದರ್ಭದಲ್ಲಿಯೂ ಸುತ್ತುಮುತ್ತಲಿನ ಮಾಧ್ಯಮದ ಉಷ್ಣದ ವ್ಯಯದಿಂದ ಲೋಲಕವು ಆಂದೋಲನ ಮಾಡಲು ಆರಂಭಿಸುವುದಿಲ್ಲ. ಕಾಯಗಳು ಸಮತಾಸ್ಥಿತಿಗೆ ಬರುತ್ತವೆ. ಆದರೆ ಅದನ್ನು ತಮ್ಮಷ್ಟಕ್ಕೆ ತಾವೇ ಬಿಟ್ಟುಹೋಗಲಾಗುವುದಿಲ್ಲ.

ಪ್ರಕೃತಿಯ ಈ ನಿಯಮವು ನಮ್ಮ ಸುತ್ತುಮುತ್ತಲಿನ ಶಕ್ತಿಯ ಯಾವ ಭಾಗವು

---

* ಇಲ್ಲಿ ಒಂದು ಕಾಯಗಳ ಮುಂದಿನ ಸಮರೂಪದ ಸ್ಥಳಾಂತರ ಚಲನೆ ಅಥವಾ ಸಮರೂಪದ ಸುತ್ತು ಚಲನೆಯನ್ನು ನಾವು ಗಮನಕ್ಕೆ ತೆಗೆದುಕೊಂಡಿಲ್ಲ.

ಸ್ವಲ್ಪವೂ ಪ್ರಯೋಜನವಿಲ್ಲದೆ ಇರುವುದು ಎಂಬುದನ್ನು ಕೂಡಲೇ ತೋರಿಸಿ ಕೊಡುತ್ತದೆ. ಇದು ಸಮತಾಸ್ಥಿತಿಯಲ್ಲಿರುವ ಕಾಯಗಳಲ್ಲಿನ ಅಣುಗಳ ತಾಪೀಯ ಚಲನ ಶಕ್ತಿ. ಇಂತಹ ಕಾಯಗಳು ತಮ್ಮ ಶಕ್ತಿಯನ್ನು ಯಾಂತ್ರಿಕ ಚಲನೆಗೆ ಪರಿವರ್ತಿಸಲು ಅಸಮರ್ಥವಾಗಿರುವುವು.

ಶಕ್ತಿಯ ಈ ಭಾಗವು ಅಗಾಧ ಪ್ರಮಾಣದ್ದು. "ಎಟುಕದೇ ಇರುವ" ಈ ಶಕ್ತಿಯ ಮೌಲ್ಯವನ್ನು ಗಣನೆಮಾಡಿ ಕಂಡುಹಿಡಿಯೋಣ. ಉಷ್ಣಾಂಶವನ್ನು ಒಂದು ಡಿಗ್ರಿಯಷ್ಟು ಇಳಿಸಿದರೆ, 0.2 ಕಿ.ಕ್ಯಾ/ಕಿ.ಗ್ರಾಂ ಉಷ್ಣಗ್ರಹಣ ಶಕ್ತಿ ಉಳ್ಳ 1 ಕಿ.ಗ್ರಾಂ ಅಷ್ಟು ಮಣ್ಣು 0.2 ಕಿ.ಕ್ಯಾ.ಯಷ್ಟು ಉಷ್ಣವನ್ನು ಕಳೆದುಕೊಳ್ಳುತ್ತದೆ. ಇದು ಒಂದು ಸಣ್ಣ ಪರಿಮಾಣವೇ ಸರಿ. ಆದರೆ, ಭೂಮಿಯಷ್ಟು, ಅಂದರೆ $6 \times 10^{24}$ ಕಿ.ಗ್ರಾಂ ದ್ರವ್ಯಾಂಶವುಳ್ಳ ಒಂದು ವಸ್ತುವನ್ನು ಒಂದೇ ಒಂದು ಡಿಗ್ರಿಯಷ್ಟು ತಂಪು ಮಾಡಿದರೆ ಎಷ್ಟು ಶಕ್ತಿಯನ್ನು ಪಡೆಯಬಹುದು ಎಂಬುದನ್ನು ಅಂದಾಜು ಮಾಡಿ ನೋಡೋಣ. ಗುಣಾಕಾರ ಮಾಡಿದರೆ, ಒಂದು ಅತಿ ದೊಡ್ಡ ಸಂಖ್ಯೆ ಲಭಿಸುವುದು : $1.2 \times 10^{24}$ ಕಿ.ಕ್ಯಾ. ಈ ಸಂಖ್ಯೆಯನ್ನು ಮನಗಾಣಿಸಲು ನಾವು ಕೂಡಲೇ ಹೇಳುವುದೇನೆಂದರೆ, ಪ್ರಸಕ್ತ ಕಾಲದಲ್ಲಿ ಪ್ರಪಂಚದ ಎಲ್ಲಾ ವಿದ್ಯುಚ್ಛಕ್ತಿ ಉತ್ಪಾದಕ ಕೇಂದ್ರಗಳ ವಾರ್ಷಿಕ ಒಟ್ಟು ಶಕ್ತಿ ಉತ್ಪಾದನೆಯು $10^{15}$—$10^{16}$ ಕಿ.ಕ್ಯಾ.ಗೆ ಸಮವಾಗಿರುವುದು – ಅಂದರೆ ನೂರು ಕೋಟಿ ಸಲಗಳಷ್ಟು ಕಡಿಮೆ.

ಸರಿಯಾದ ತಿಳಿವಳಿಕೆ ಇಲ್ಲದ ಸಂಶೋಧಕರನ್ನು ಇಂತಹ ಗಣನೆಗಳು ಭ್ರಾಂತಿಗೊಳಿಸುವುದನ್ನು ನೋಡಿ ನಾವು ಅಚ್ಚರಿಗೊಳ್ಳಬೇಕಾಗಿಲ್ಲ. ಏನೂ ಇಲ್ಲದೆಯೇ ಕ್ರಿಯಾಶಕ್ತಿಯನ್ನು ಉಂಟುಮಾಡುವ ನಿರಂತರ ಚಲನೆಯಂತ್ರ ("Perpetuum mobile") ನಿರ್ಮಿಸುವ ಪ್ರಯತ್ನಗಳ ವಿಚಾರವಾಗಿ ನಾವು ಹಿಂದೆಯೇ ಹೇಳಿದ್ದೇವೆ. ಶಕ್ತಿಯ ನಿತ್ಯತ್ವದ ನಿಯಮದ ಪರಿಣಾಮವಾಗಿ ಬರುವ ಭೌತವಿಜ್ಞಾನದ ಮುಖ್ಯ ಪ್ರಮೇಯಗಳನ್ನನುಸರಿಸಿ, ನಿರಂತರ ಚಲನೆಯಂತ್ರದ ನಿರ್ಮಾಣದಿಂದ ಈ ನಿಯಮವನ್ನು ಖಂಡಿಸಲಾಗುವುದಿಲ್ಲ. (ಈಗ ಇವನ್ನು ನಾವು **ಒಂದನೇ ಜಾತಿಯ ನಿರಂತರ ಚಲನೆಯಂತ್ರ** ಎಂದು ಕರೆಯುತ್ತೇವೆ).

ಮಾಧ್ಯಮವನ್ನು ತಂಪು ಮಾಡುವುದು ಉಳಿದು ಬೇರೆ ಏನನ್ನೂ ಕಳೆಯದೆ ಯಾಂತ್ರಿಕ ಚಲನೆಯನ್ನು ನೆರವೇರಿಸುವ ಯಂತ್ರಗಳ ಮಾದರಿಗಳನ್ನು ನಿರ್ಮಿಸುವ ಹೆಚ್ಚು ಜಾಣರಾದ ನಿರ್ಮಾಪಕರೂ ಕೂಡ ಇದೇ ರೀತಿಯ ತಪ್ಪನ್ನು ಮಾಡುತ್ತಾರೆ. ಆಹ! ಕೈಗೂಡಿಸಿಕೊಳ್ಳಲಾಗದ ಇಂತಹ ಯಂತ್ರಗಳನ್ನು **ಎರಡನೆಯ ಜಾತಿಯ ನಿರಂತರ ಚಲನೆ ಯಂತ್ರ**ಗಳೆಂದು ಕರೆಯುತ್ತಾರೆ. ಇಲ್ಲಿಯೂ ಕೂಡ ತಾತ್ವಿಕ ದೋಷವನ್ನು ಎಸಗಲಾಗಿದೆ. ಏಕೆಂದರೆ ನಿರ್ಮಾಪಕನು ಭೌತವಿಜ್ಞಾನದ ನಿಯಮಗಳನ್ನೇ ಆಧಾರವಾಗಿಟ್ಟುಕೊಂಡಿರುತ್ತಾನೆ. ಇವು ಎಲ್ಲಾ ಕಾಯಗಳೂ ಸಮತಾಸ್ಥಿತಿಯನ್ನು ಹೊಂದುವ ಪ್ರವೃತ್ತಿಯುಳ್ಳವಾಗಿರುತ್ತವೆ ಎಂಬ ನಿಯಮದ ಪರಿಣಾಮ – ಇವುಗಳ ಸಹಾಯದಿಂದ ಅವುಗಳ ಆಧಾರವಾಗಿರುವ ಮೂಲತತ್ತ್ವಗಳನ್ನು ಖಂಡಿಸಲು ಪ್ರಯತ್ನಿಸುತ್ತಾನೆ.

ಹೀಗಾಗಿ, ಒಂದು ಮಾಧ್ಯಮದಿಂದ ಉಷ್ಣವನ್ನು ತೆಗೆದುಕೊಳ್ಳುವುದು ಮಾತ್ರದಿಂದಲೇ ಕ್ರಿಯಾಶಕ್ತಿ ಉಂಟುಮಾಡುವುದು ಸಾಧ್ಯವಿಲ್ಲ. ಬೇರೆ ಮಾತುಗಳಲ್ಲಿ ಹೇಳುವುದಾದರೆ, ಪರಸ್ಪರ ಸಮತಾಸ್ಥಿತಿಯಲ್ಲಿರುವ ಕಾಯಗಳ ಒಂದು ವ್ಯೂಹವು ಶಕ್ತಿಯ ದೃಷ್ಟಿಕೋನದಿಂದ ನಿಸ್ಸಾರವಾದುದು.

ಅದ್ದರಿಂದ ಕ್ರಿಯಾಶಕ್ತಿಯನ್ನು ಪಡೆಯುವುದಕ್ಕಾಗಿ, ಮೊಟ್ಟಮೊದಲಾಗಿ ತನ್ನ ನೆರೆಯ ಕಾಯಗಳೊಡನೆ ಸಮತಾಸ್ಥಿತಿಯಲ್ಲಿಲ್ಲದ ಕಾಯಗಳನ್ನು ಕಂಡುಹಿಡಿಯಬೇಕು. ಆಗ ಮಾತ್ರ ಒಂದು ಕಾಯದಿಂದ ಮತ್ತೊಂದಕ್ಕೆ ಉಷ್ಣವನ್ನು ಸಾಗಿಸುವ ಅಥವಾ ಉಷ್ಣವನ್ನು ಯಾಂತ್ರಿಕ ಶಕ್ತಿಯಾಗಿ ಮಾರ್ಪಡಿಸುವ ಕಾರ್ಯಕ್ರಮವು ಕೈಗೂಡುವಂತೆ ಮಾಡುವುದು ಯಶಸ್ವಿಯಾಗುವುದು.

ಕ್ರಿಯಾಶಕ್ತಿಯನ್ನು ಪಡೆಯುವುದಕ್ಕೆ ಶಕ್ತಿಯ ಪ್ರವಾಹವನ್ನುಂಟುಮಾಡುವುದು ಅವಶ್ಯಕವಾದ ಒಂದು ನಿಬಂಧನೆ. ಇಂತಹ ಪ್ರವಾಹದ "ಮಾರ್ಗ"ದಲ್ಲಿ ಕೆಲವು ಕಾಯಗಳ ಶಕ್ತಿಯನ್ನು ಕ್ರಿಯಾಶಕ್ತಿಗೆ ಮಾರ್ಪಡಿಸುವುದು ಸಾಧ್ಯ. ಆದ್ದರಿಂದ, ಸುತ್ತುಮುತ್ತಲಿನ ಮಾಧ್ಯಮದೊಡನೆ ಸಮತಾಸ್ಥಿತಿಯಲ್ಲಿಲ್ಲದ ಕಾಯಗಳನ್ನು ಮಾತ್ರ 'ಜನಗಳಿಗೆ' ಉಪಯುಕ್ತವಾದ ಶಕ್ತಿಯ ದಾಸ್ತಾನುಗಳೆಂದು ಎಣಿಸಲಾಗಿದೆ.

ಈಗ ನಾವು ವಿವರಿಸಿರುವ ಎರಡನೆಯ ಜಾತಿಯ ನಿರಂತರ ಚಲನೆ

ಯಂತ್ರದ ನಿರ್ಮಾಣವು ಸಾಧ್ಯವಿಲ್ಲವೆಂಬ ನಿಯಮವನ್ನು, ಉಷ್ಣಬಲಕ್ರಿಯಾ ಶಾಸ್ತ್ರದ ಎರಡನೆಯ ನಿಯಮವೆಂದು ಕರೆಯಲಾಗಿದೆ. ಇದುವರೆಗೂ ಅದನ್ನು ಒಂದು ಘಟನಾತ್ಮಕ ವಿಧಿಯ ರೂಪದಲ್ಲಿ ನಿರೂಪಿಸಿದ್ದೇವೆ. ಆದರೆ ಕಾಯಗಳು ಅಣುಗಳಿಂದ ರಚಿತವಾಗಿವೆ ಮತ್ತು ಆಂತರಿಕ ಶಕ್ತಿಯು ಅಣುಗಳ ಸ್ಥಿತಿಜ ಮತ್ತು ಚಲನ ಶಕ್ತಿಗಳ ಮೊತ್ತ ಎಂದು ನಮಗೆ ತಿಳಿದಿರುವುದರಿಂದ, ಇದ್ದಕ್ಕಿದ್ದ ಹಾಗೆ "ಸೇರಿಸಿದ" ಮತ್ತೊಂದು ನಿಯಮವು ಕಾಣಿಸಿಕೊಳ್ಳುವುದು ವಿಚಿತ್ರವಾಗಿ ಕಾಣಬಹುದು. ಅಣುಗಳಿಗೆ ಅನ್ವಯಿಸುವ ಹಾಗೆ ನಿರೂಪಿಸಲ್ಪಟ್ಟ ಶಕ್ತಿಯ ನಿತ್ಯತ್ವ ನಿಯಮವು ಪ್ರಕೃತಿಯ ಎಲ್ಲಾ ಘಟನೆಗಳಿಗೂ ವಿವರಣೆ ಕೊಡಲು ಏಕೆ ಸಾಕಾಗುವುದಿಲ್ಲ ?

ಎರಡು ಮಾತುಗಳಲ್ಲಿ ಹೇಳಬೇಕಾದರೆ, ಇದು ಮುಂದಿನ ಪ್ರಶ್ನೆಯನ್ನು ಹೂಡುತ್ತದೆ : ಅಣುಗಳನ್ನು ತಮ್ಮಷ್ಟಕ್ಕೇ ಬಿಟ್ಟಾಗ ಅವು ಸಮತಾಸ್ಥಿತಿಯ ಕಡೆಗೆ ಓಲುವಂತೆ ಏಕೆ ವರ್ತಿಸುವುವು ?

## ಜಡೋಷ್ಣ

ಈ ಪ್ರಶ್ನೆಯು ಬಹಳ ಮುಖ್ಯವಾದುದೂ ಮತ್ತು ಸ್ವಾರಸ್ಯಕರವಾದುದೂ ಆಗಿರುವುದು. ಅದಕ್ಕೆ ಉತ್ತರ ಕೊಡಲು ನಾವು ಹಿಂದಿನಿಂದ ಆರಂಭಿಸಬೇಕಾಗಿದೆ.

ಪ್ರತಿ ಸಂದರ್ಭದಲ್ಲಿ ಪುನಃಪುನಃ ಕಾಣಬರುವ ಘಟನೆಗಳನ್ನು ಬಹು ಸಂಭವನೀಯವಾದವು ಎಂದು ಹೇಳುತ್ತೇವೆ. ಇದಕ್ಕೆ ವಿರುದ್ಧವಾಗಿ, ಅಪರೂಪವಾದ ಸಹಘಟನೆಯಿಂದ ಸಂಭವಿಸುವ ಘಟನೆಗಳು ಅಸಂಭವನೀಯವೆಂದು ಪರಿಗಣಿಸಲ್ಪಡುವುವು.

ಒಂದು ಅಸಂಭವನೀಯ ಘಟನೆಗೆ ಪ್ರಕೃತ್ಯತೀತ ಬಲಗಳ ಪ್ರದರ್ಶನವೇನೂ ಬೇಕಿಲ್ಲ. ಅವರಲ್ಲಿ ಅಸಾಧ್ಯವಾದುದು ಏನೂ ಇಲ್ಲ, ಪ್ರಕೃತಿ ನಿಯಮಗಳಿಗೆ ವಿರುದ್ಧವಾದುದು ಯಾವುದೂ ಇಲ್ಲ. ಆದರೂ, ಅನೇಕ ಸಂದರ್ಭಗಳಲ್ಲಿ ಅಸಂಭವನೀಯವಾದುದು ಅಸಾಧ್ಯವಾದುದೆಂದೇ ನಾವು ದೃಢ ತೀರ್ಮಾನವುಳ್ಳವರಾಗಿರುತ್ತೇವೆ.

ಒಂದು ಲಾಟರಿಯ ಬಹುಮಾನ-ಪಟ್ಟಿಯನ್ನು ಗಮನಿಸಿ – 4, 5 ಅಥವಾ 6

ರುವ ಮುಕ್ತಾಯವಾಗುವ ಸಂಖ್ಯೆಗಳುಳ್ಳ ಜಯಪಡೆದ ಟಿಕೆಟ್ಟುಗಳ ಸಂಖ್ಯೆಯನ್ನು ಎಣಿಸಿ. ಜಯ ಹೊಂದಿದ ಟಿಕೆಟ್ಟುಗಳಲ್ಲಿ ಸುಮಾರು ಹತ್ತರಲ್ಲಿ ಒಂದು ಭಾಗದಷ್ಟು ಟಿಕೆಟ್ಟುಗಳು ಪ್ರತಿ ಅಂಕಿಗೂ ಸರಿಹೋಗುವುದೆಂದು ತಿಳಿದಾಗ ನಮಗೆ ಸ್ವಲ್ಪವೂ ಆಶ್ಚರ್ಯವಾಗುವುದಿಲ್ಲ. ಆಗಲಿ, 5 ರಿಂದ ಮುಕ್ತಾಯಗೊಳ್ಳುವ ಸಂಖ್ಯೆಗಳುಳ್ಳ ಟಿಕೆಟ್ಟುಗಳು ಜಯಶೀಲ ಟಿಕೆಟ್ಟುಗಳ ಹತ್ತರಲ್ಲಿ ಒಂದು ಭಾಗಕ್ಕೆ ಬದಲಾಗಿ ಐದರ ಒಂದು ಭಾಗವಾಗಿರಬೇಕಾಗಿತ್ತೇ ? ಅಸಂಭವ ಎಂದು ನೀವು ಹೇಳುವಿರಿ. ಸರಿ, ಜಯಶೀಲ ಟಿಕೆಟ್ಟುಗಳ ಅರ್ಧವು ಇಂತಹ ಸಂಖ್ಯೆಗಳನ್ನು ಹೊಂದಿರಬೇಕಾಗಿತ್ತೆ ? ಇಲ್ಲ, ಅದು ಖಂಡಿತವಾಗಿಯೂ ಸಾಧ್ಯವಿಲ್ಲ... ಆದ್ದರಿಂದ ಅಸಂಭವನೀಯ.

ಒಂದು ಘಟನೆಯು ಸಂಭವನೀಯವಾಗಬೇಕಾದರೆ ಇರಬೇಕಾದ ಪರಿಸ್ಥಿತಿಗಳನ್ನು ವಿಮರ್ಶಿಸಿದರೆ ಈ ಮುಂದಿನ ನಿರ್ಧಾರಕ್ಕೆ ಬರುತ್ತೇವೆ : ಒಂದು ಘಟನೆಯ ಸಂಭವನೀಯತೆಯು ಅದು ಎಷ್ಟು ವಿಧದಲ್ಲಿ ಸಂಭವಿಸಬಲ್ಲುದು ಎಂಬ ಸಂಖ್ಯೆಯನ್ನವಲಂಬಿಸಿರುತ್ತದೆ. ಈ ಸಂಖ್ಯೆಯು ಎಷ್ಟು ದೊಡ್ಡದಾಗಿದ್ದರೆ, ಘಟನೆಯು ಅಷ್ಟು ಪುನಃ ಪುನಃ ಸಂಭವಿಸುವುದು.

ಹೆಚ್ಚು ನಿಖರತೆಯಿಂದ ಹೇಳುವುದಾದರೆ, **ಸಂಭವನೀಯತೆಯು** ಒಂದು ನಿರ್ದಿಷ್ಟ ಘಟನೆಯು ಎಷ್ಟು ವಿಧಗಳಲ್ಲಿ ಸಂಭವಿಸಬಲ್ಲುದು ಎಂಬ ಸಂಖ್ಯೆಗೂ, ಸಾಧ್ಯವಾದ ಎಲ್ಲಾ ಘಟನೆಗಳೂ ಎಷ್ಟು ವಿಧಗಳಲ್ಲಿ ಸಂಭವಿಸಬಲ್ಲವು ಎಂಬ ಸಂಖ್ಯೆಗೂ ಇರುವ ಅನುಪಾತ.

ಹತ್ತು ರಟ್ಟಿನ ಬಿಲ್ಲೆಗಳ ಮೇಲೆ 0 ಇಂದ 9 ರವರೆಗಿನ ಸಂಖ್ಯೆಗಳನ್ನು ಬರೆದು ಅವುಗಳನ್ನು ಒಂದು ಚೀಲದಲ್ಲಿಡಿ. ಈಗ ಒಂದು ಬಿಲ್ಲೆಯನ್ನು ಹೊರಕ್ಕೆ ತೆಗೆದು, ಅದರ ಸಂಖ್ಯೆಯನ್ನು ಗುರುತುಮಾಡಿ ಮತ್ತು ಅದನ್ನು ಪುನಃ ಚೀಲದೊಳಕ್ಕೆ ಹಾಕಿ. ಇದು ಬಹುಮಟ್ಟಿಗೆ ಲಾಟರಿ ಆಯ್ಕೆಯನ್ನು ಹೋಲುವುದು. ನೀವು ಒಂದಾದ ಮೇಲೆ ಒಂದರಂತೆ ಏಳು ಸಲ ತಪ್ಪದೆ ಒಂದೇ ಸಂಖ್ಯೆಯನ್ನು ತೆಗೆಯುವುದು, ಒಂದು ದಿನವೆಲ್ಲಾ ಈ ಬೇಸರಪಡಿಸುವ ಕೆಲಸಕ್ಕೆ ವಿನಿಯೋಗಿಸಿದರೂ ಸಾಧ್ಯವಿಲ್ಲ ಎಂದು ಧೈರ್ಯವಾಗಿ ಹೇಳಬಹುದು. ಏಕೆ ? ಒಂದೇ ಆಗಿರುವ ಏಳು ಸಂಖ್ಯೆಗಳನ್ನು ತೆಗೆಯುವುದು ಹತ್ತು ವಿಧಗಳಲ್ಲಿ ಮಾತ್ರ (7 ಶೂನ್ಯಗಳು, 7 ಒಂದುಗಳು, 7

ಎರಡುಗಳು, ಮುಂತಾಗಿ). ಆದರೆ ಏಳು ಬಿಲ್ಲೆಗಳನ್ನು ತೆಗೆಯುವುದಕ್ಕೆ ಒಟ್ಟಿನಲ್ಲಿ $10^7$ ವಿಧಗಳಲ್ಲಿ ಸಾಧ್ಯ. ಆದ್ದರಿಂದ ಒಂದೇ ಸಂಖ್ಯೆಯುಳ್ಳ ಏಳು ಬಿಲ್ಲೆಗಳನ್ನು ತಪ್ಪದೆ ಒಂದಾದ ಮೇಲೊಂದರಂತೆ ತೆಗೆಯುವುದರ ಸಂಭವನೀಯತೆಯು $10/10^7 = 10^{-6}$, ಅಂದರೆ ಒಂದು ಕೋಟಿಯಲ್ಲಿ ಒಂದು ಭಾಗಕ್ಕೆ ಸಮವಾಗಿರುವುದು.

ಕಪ್ಪು ಮತ್ತು ಬಿಳಿಯ ಕಾಳುಗಳನ್ನು ಒಂದು ಪೆಟ್ಟಿಗೆಯೊಳಗೆ ಸುರಿದು ಒಂದು ಮೊರಗುದ್ದಲಿಯಿಂದ ಕಲಸಿದರೆ, ಕಾಳುಗಳು ಶೀಘ್ರದಲ್ಲಿಯೇ ಪೆಟ್ಟಿಗೆಯ ಒಳಗೆಲ್ಲಾ ಒಂದೇ ಸಮನಾಗಿ ಹರಡಿರುತ್ತವೆ. ಮನಸ್ಸಿಗೆ ತೋರಿದಂತೆ ಒಂದು ಹಿಡಿ ಕಾಳನ್ನು ಎತ್ತಿಕೊಂಡರೆ ಅದರಲ್ಲಿ ಕಪ್ಪು ಮತ್ತು ಬಿಳಿಯ ಕಾಳುಗಳು ಹೆಚ್ಚು ಕಡಿಮೆ ಒಂದೇ ಸಂಖ್ಯೆಯಲ್ಲಿರುವುದಾಗಿ ಗೊತ್ತಾಗುವುದು. ನಾವು ಅವುಗಳನ್ನು ಎಷ್ಟರ ಮಟ್ಟಿಗೆ ಕಲಕಿ ಬೆರಸಿದರೂ, ಫಲಿತಾಂಶವು ಒಂದೇ ಆಗಿರುತ್ತದೆ – ಏಕರೂಪತೆಯು ಹಾಗೆಯೇ ಉಳಿಯುವುದು. ಆದರೆ ಕಾಳುಗಳು ಏಕೆ ಪ್ರತ್ಯೇಕಿಸಲ್ಪಡುವುದಿಲ್ಲ ? ಬಹಳ ಹೊತ್ತು ಚೆನ್ನಾಗಿ ಕಲಕಿದರೂ ಕಪ್ಪು ಕಾಳುಗಳನ್ನು ಮೇಲ್ಗಡೆಗೂ ಮತ್ತು ಬಿಳಿಯ ಕಾಳುಗಳನ್ನು ತಳಕ್ಕೂ ಹೋಗುವ ಹಾಗೆ ಏಕೆ ಮಾಡಲಾಗುವುದಿಲ್ಲ ? ಇಲ್ಲಿಯೂ ಕೂಡ ಸಂಭವನೀಯತೆಯ ಒಂದು ಪ್ರಸಂಗವೇ – ಕಾಳುಗಳು ಸಿಕ್ಕಾಬಟ್ಟೆ ಹಂಚಿಕೆಯಾಗಿರುವ ಸ್ಥಿತಿಯನ್ನು, ಅಂದರೆ ಕಪ್ಪು ಮತ್ತು ಬಿಳಿಯ ಕಾಳುಗಳು ಏಕರೂಪದಲ್ಲಿ ಪರಸ್ಪರ ಬೆರತಿರುವ ಸ್ಥಿತಿಯನ್ನು, ಬಹುದೊಡ್ಡ ಸಂಖ್ಯೆಯ ವಿಧಗಳಲ್ಲಿ ಸಂಭವಿಸುವಂತೆ ಮಾಡಬಹುದು, ಮತ್ತು ಇದರಿಂದ ಅದಕ್ಕೆ ಅತ್ಯಂತ ಹೆಚ್ಚಾದ ಸಂಭವನೀಯತೆ ಇರುವುದು. ಇದಕ್ಕೆ ವಿರುದ್ಧವಾಗಿ, ಎಲ್ಲಾ ಬಿಳಿಯ ಕಾಳುಗಳು ಮೇಲುಗಡೆಯೂ ಮತ್ತು ಎಲ್ಲಾ ಕಪ್ಪುಕಾಳು ಕೆಳಗಡೆಯೂ ಇರುವ ಸ್ಥಿತಿಯು ಏಕಮಾತ್ರವಾದುದು. ಆದ್ದರಿಂದ ಅದರ ಸಂಭವನೀಯತೆಯು ಗಮನೀಯವಲ್ಲದಷ್ಟು ಸಣ್ಣದು.

ಚೀಲದಲ್ಲಿನ ಕಾಳುಗಳಿಂದ, ಕಾಯಗಳು ಒಳಗೊಂಡಿರುವ ಅಣುಗಳಿಗೆ ಸಾಗುವುದು ಬಹಳ ಸುಲಭ. ಅಣುಗಳ ವರ್ತನೆಯು ಅನಿರೀಕ್ಷಿತ ಘಟನೆಗಳಿಗೆ ಅಧೀನವಾಗಿದೆ. ಇದನ್ನು ಅನಿಲಗಳ ವಿಚಾರದಲ್ಲಿ ಸ್ಪಷ್ಟವಾಗಿ ಕಾಣಬಹುದು. ನಮಗೆ

ತಿಳಿದಹಾಗೆ, ಅನಿಲದ ಅಣುಗಳು ಸಿಕ್ಕಾಬಟ್ಟೆ ಡಿಕ್ಕಿ ಹೊಡೆಯುವುವು ಮತ್ತು ಎಲ್ಲಾ ದಿಕ್ಕುಗಳಲ್ಲಿಯೂ, ಒಂದು ಸಲ ಒಂದು ವೇಗದಿಂದಲೂ, ಮತ್ತೊಂದು ಸಲ ಮತ್ತೊಂದು ವೇಗದಿಂದಲೂ ಚಲಿಸುವುವು. ಈ ನಿರಂತರ ತಾಪೀಯ ಚಲನೆಯು ಎಡೆಬಿಡದೆ ಅಣುಗಳ ಸ್ಥಾನ ಬದಲಾಯಿಸುತ್ತಿರುವುದು, ಅವುಗಳನ್ನು ಪೆಟ್ಟಿಗೆಯಲ್ಲಿನ ಕಾಳುಗಳನ್ನು ಮೊರಗುದ್ದಲಿಯು ಬೆರಕೆಮಾಡುವಂತೆಯೇ ಬೆರಸುವುದು.

ನೀವು ಈಗ ಇರುವ ಕೊಠಡಿಯಲ್ಲಿ ಗಾಳಿಯು ತುಂಬಿದೆ. ಯಾವುದಾದರೂ ಒಂದು ಸಮಯದಲ್ಲಿ ಕೊಠಡಿಯ ಕೆಳಗಿನ ಅರ್ಧ ಭಾಗದಲ್ಲಿನ ಅಣುಗಳೆಲ್ಲಾ ಮೇಲಿನ ಅರ್ಧ ಭಾಗಕ್ಕೆ – ಚಾವಣಿಯ ಕೆಳಕ್ಕೆ – ಹೋಗುವುದು ಏಕೆ ಆಗಬಾರದು ? ಇಂತಹ ಘಟನೆಯು ಅಸಾಧ್ಯವಾದುದೇನೂ ಅಲ್ಲ – ಆದರೆ ಅತ್ಯಂತ ಅಸಂಭವನೀಯ. ಹಾಗಾದರೆ ಅತ್ಯಂತ ಅಸಂಭವನೀಯ ಎಂದರೆ ಏನು ? ಇಂತಹ ಘಟನೆಯು ಅಣುಗಳ ಸಿಕ್ಕಾ ಬಟ್ಟೆ ಹಂಚಿಕೆಗಿಂತ ನೂರು ಕೋಟಿ ಸಲಗಳಷ್ಟು ಕಡಿಮೆ ಸಂಭವನೀಯವಾಗಿದ್ದರೂ, ಯಾರಾದರೂ ಅದನ್ನು ಕಂಡಿರಬಹುದು – ಇಂತಹ ಘಟನೆಯನ್ನು ನಾವು ನಿಜವಾಗಿಯೂ ನೋಡುತ್ತೇವೆಯೆ ?

ಗಣನೆಗಳಿಂದ ತಿಳಿದುಬರುವುದೇನೆಂದರೆ 1–ಸೆಂ.ಮೀ$^3$ ಘನ ಅಳತೆಯ ಪಾತ್ರೆಯಲ್ಲಿ ಇಂತಹ ಘಟನೆಯು $10^{3\times10^{19}}$ ಸಂದರ್ಭಗಳಲ್ಲಿ ಒಂದು ಸಲ ಮಾತ್ರ ಸಂಭವಿಸುವುದು. "ಅತ್ಯಂತ ಅಸಂಭವನೀಯ" ಮತ್ತು "ಅಸಾಧ್ಯ" ಎಂಬ ಪದಗಳಲ್ಲಿ ವ್ಯತ್ಯಾಸವನ್ನು ಕಾಣುವುದು ನಿರರ್ಥಕ. ಏಕೆಂದರೆ ಮೇಲೆ ಬರೆದಿರುವ ಸಂಖ್ಯೆಯು ಊಹಿಸಲಾಗದಷ್ಟು ದೊಡ್ಡದು; ಅದನ್ನು ಭೂಮಿಯ ಮೇಲಿರುವುದೇ ಅಲ್ಲದೆ ಸಮಗ್ರ ಸೌರವ್ಯೂಹದಲ್ಲಿರುವ ಪರಮಾಣುಗಳ ಸಂಖ್ಯೆಯಿಂದ ಭಾಗಿಸಿದರೂ, ಅದು ಇನ್ನೂ ಬಹು ದೊಡ್ಡದಾಗಿಯೇ ಉಳಿಯುವುದು.

ಆದರೆ ಅನಿಲದ ಅಣುಗಳ ಸ್ಥಿತಿಯು ಏನಾಗಿರುವುದು ? ಅತ್ಯಂತ ಸಂಭವನೀಯವಾದುದು. ಮತ್ತು ಅತ್ಯಂತ ಸಂಭವನೀಯವಾದ ಸ್ಥಿತಿಯು ಯಾವುದೆಂದರೆ : ಇವುಗಳಲ್ಲಿ ಹೆಚ್ಚು ಕಡಿಮೆ ಒಂದೇ ಸಂಖ್ಯೆಯ ಅಣುಗಳು ಎಡಕ್ಕೆ ಹೋಗುವಷ್ಟೇ ಬಲಕ್ಕೂ, ಮೇಲುಗಡೆಗೆ ಹೋಗುವಷ್ಟೇ ಕೆಳಗಡೆಗೂ ಹೋಗುವುವು; ಸಮವಾಗಿರುವ ಗಾತ್ರಗಳಲ್ಲಿ ಒಂದೇ ಸಂಖ್ಯೆಯ ಅಣುಗಳಿರುವುವು; ಪಾತ್ರೆಯ

ಮೇಲ್ಭಾಗದ ಅರ್ಧದಲ್ಲಿಯೂ, ಕೆಳಭಾಗದ ಅರ್ಧದಲ್ಲಿಯೂ ಶೀಘ್ರಗತಿಯ ಮತ್ತು ಮಂದಗತಿಯ ಅಣುಗಳ ಅನುಪಾತವು ಒಂದೇ ಆಗಿರುವುದು. ಇಂತಹ **ಅವ್ಯವಸ್ಥಿತ** ಸ್ಥಿತಿಯಿಂದ, ಅಂದರೆ ಸ್ಥಾನ ಮತ್ತು ವೇಗ ಇವುಗಳಿಗೆ ಸಂಬಂಧಿಸಿದಂತೆ ಅಣುಗಳು ಸಿಕ್ಕಾಬಟ್ಟೆ ಬೆರತುಕೊಂಡಿರುವ ಸ್ಥಿತಿಯಿಂದ, ಯಾವ ವಿಧವಾದ ಸರಿಯುವಿಕೆಯೂ ಸಂಭವನೀಯತೆಯ ಕ್ಷಯದೊಂದಿಗೆ ಸಂಬಂಧಿಸಿದೆ. ಅಥವಾ ಸಂಗ್ರಹವಾಗಿ, ಒಂದು **ಅಸಂಭವನೀಯ** ಘಟನೆ.

ಇದಕ್ಕೆ ವಿರುದ್ಧವಾಗಿ, ಚೆನ್ನಾಗಿ ಬೆರಸಿಕೊಳ್ಳುವುದರ, ವ್ಯವಸ್ಥಿತ ಸ್ಥಿತಿಯಿಂದ **ಅವ್ಯವಸ್ಥಿತೆ** ಉಂಟಾಗುವುದರ ಜೊತೆಗೆ ಸಂಬಂಧಿಸಿದ ಘಟನೆಗಳು ಆ ಸ್ಥಿತಿಯ ಸಂಭವನೀಯತೆಯನ್ನು ಹೆಚ್ಚಿಸುವುವು. ಆದ್ದರಿಂದ, ಘಟನೆಗಳ ಸ್ವಾಭಾವಿಕ ಗತಿಯನ್ನು ಇತ್ಯರ್ಥಪಡಿಸುವ ವಿದ್ಯಮಾನಗಳು ಇವುಗಳೇ. ಎರಡನೆಯ ಜಾತಿ ನಿರಂತರ ಚಲನೆಯಂತ್ರದ ಅಸಾಧ್ಯತೆಯ ನಿಯಮವೂ ಮತ್ತು ಎಲ್ಲಾ ಕಾಯಗಳೂ ಒಂದು ಸಮತಾಸ್ಥಿತಿಯ ಕಡೆಗೆ ಒಲೆಯುವುವು ಎಂಬ ನಿಯಮವೂ ಇವರಿಂದ ವಿವರಣೆ ಪಡೆಯುವುವು. ಯಾಂತ್ರಿಕ ಚಲನೆಯು ಏಕೆ ತಾಪೀಯ ಚಲನೆಗೆ ಪರಿವರ್ತಿತವಾಗುವುದು ? ಏಕೆಂದರೆ ಯಾಂತ್ರಿಕ ಚಲನೆಯು ಕ್ರಮಬದ್ಧವಾದುದು, ತಾಪೀಯ ಚಲನೆಯು ಅವ್ಯವಸ್ಥಿತವಾದುದು, ಅಷ್ಟೇ. ಕ್ರಮಬದ್ಧತೆಯಿಂದ ಅವ್ಯವಸ್ಥೆಗೆ ಆಗುವ ಪರಿವರ್ತನೆಯು ಸ್ಥಿತಿಯ ಸಂಭವನೀಯತೆಯನ್ನು ಹೆಚ್ಚಿಸುವುದು.

ಕ್ರಮಬದ್ಧತೆಯ ಮಟ್ಟವನ್ನು ನಿರ್ದೇಶಿಸುವ ಮತ್ತು ಸ್ಥಿತಿಗಳನ್ನು ಉಂಟು ಮಾಡುವ ವಿಧಾನಗಳ ಸಂಖ್ಯೆಗೆ ಒಂದು ಸರಳವಾದ ಸೂತ್ರದಿಂದ ಸಂಬಂಧಿಸಿದ ಪರಿಮಾಣವನ್ನು, ಭೌತವಿಜ್ಞಾನಿಗಳು **ಜಡೋಷ್ಣ** ಎಂದು ಕರೆದರು. ಈ ಸೂತ್ರವನ್ನು ನಾವು ಕೊಡುವುದಿಲ್ಲ. ಆದರೆ ಇಷ್ಟುಮಾತ್ರ ಹೇಳುತ್ತೇವೆ : ಸಂಭವನೀಯತೆಯು ಹೆಚ್ಚಾದಷ್ಟೂ ಜಡೋಷ್ಣವು ಹೆಚ್ಚು.

ಈಗ ನಾವು ಚರ್ಚಿಸುತ್ತಿರುವ ಪ್ರಕೃತಿಯ ನಿಯಮವು ಪ್ರತಿಪಾದಿಸುವುದು ಇದನ್ನು : ಎಲ್ಲಾ ಸ್ವಾಭಾವಿಕ ಕಾರ್ಯಗತಿಗಳೂ ಸ್ಥಿತಿಯ ಸಂಭವನೀಯತೆಯು ಹೆಚ್ಚುತ್ತ ಹೋಗುವ ರೀತಿಯಲ್ಲಿ ಮುಂದುವರಿಯುವುವು. ಬೇರೆ ಮಾತುಗಳಲ್ಲಿ,

ಇದೇ ಪ್ರಾಕೃತಿಕ ನಿಯಮವನ್ನು ಜಡೋಷ್ಣವು ಹೆಚ್ಚುವುದು ಎಂಬ ನಿಯಮವಾಗಿ ಹೇಳಬಹುದು.

ಹೆಚ್ಚುತ್ತ ಹೋಗುವ ಜಡೋಷ್ಣದ ನಿಯಮವು ಪ್ರಕೃತಿಯ ನಿಯಮಗಳಲ್ಲಿ ಅತ್ಯಂತ ಮುಖ್ಯವಾದ ಒಂದು ನಿಯಮ. ಮುಖ್ಯವಾಗಿ, ಎರಡನೆಯ ಜಾತಿಯ ನಿರಂತರ ಚಲನೆ ಯಂತ್ರದ ನಿರ್ಮಾಣದ ಅಸಾಧ್ಯತೆಯು, ಅಥವಾ ತಮಗೆ ತಮ್ಮನ್ನೇ ಬಿಟ್ಟಿರುವ ಕಾಯಗಳಿಗೆ ಸಮತಾಸ್ಥಿತಿಯನ್ನು ಸೇರುವ ಪ್ರವರ್ತಿ ಇರುವುದು ಎಂಬ ಅದೇ ಅರ್ಥದ ಪ್ರತಿಪಾದನೆಯು ಇದರಿಂದ ಪರಿಣಾಮವಾಗಿ ಬರುವುದು. ಹೆಚ್ಚುತ್ತಿರುವ ಜಡೋಷ್ಣದ ನಿಯಮವು ಉಷ್ಣಬಲಕ್ರಿಯಾಶಾಸ್ತ್ರದ ಅದೇ ಎರಡನೆಯ ನಿಯಮ. ಅದರ ನಿರೂಪಣೆಯು ಬೇರೆ ವಿಧವಾಗಿದೆ ಅಷ್ಟೆ, ಆದರೆ ಅದರ ಒಳ ವಿಷಯವು ಅದೇ ಆಗಿರುವುದು. ಇದಕ್ಕಿಂತ ಮುಖ್ಯವಾದ ವಿಷಯವೇನೆಂದರೆ, ಉಷ್ಣಬಲಕ್ರಿಯಾಶಾಸ್ತ್ರದ ಎರಡನೆಯ ನಿಯಮಕ್ಕೆ ನಾವು ಆಣವಿಕ ಮಟ್ಟದಲ್ಲಿ ಅರ್ಥಕಲ್ಪಿಸಿದ್ದೇವೆ.

ಒಂದು ದೃಷ್ಟಿಯಿಂದ, ಈ ಎರಡು ನಿಯಮಗಳನ್ನೂ "ಒಂದೇ ಧ್ವಜಪಟದ ಕೆಳಗೆ" ಒಂದುಗೂಡಿಸಿದ್ದು ಅನುಕೂಲಕರವೇ ಆಯ್ತು. ಏಕೆಂದರೆ ಶಕ್ತಿಯ ನಿತ್ಯತ್ವ ನಿಯಮವು ಒಂದು ಪರಮ ನಿಯಮ. ಆದರೆ, ಹೆಚ್ಚುತ್ತಿರುವ ಜಡೋಷ್ಣದ ನಿಯಮದ ವಿಷಯದಲ್ಲಾದರೋ, ನಾವು ಮೇಲೆ ಹೇಳಿರುವುದರಿಂದ ಕಂಡುಬರುವಂತೆ, ಅನು ಕಣಗಳ ಸಾಕಷ್ಟು ದೊಡ್ಡ ಸಮುದಾಯಗಳಿಗೆ ಮಾತ್ರ ಅನ್ವಯಿಸುವುದು ಮತ್ತು ಅಣುಗಳಲ್ಲಿ ವೈಯಕ್ತಿಕವಾಗಿ ಒಂದೊಂದಕ್ಕೆ ಅನ್ವಯಿಸುವುದು ಸಾಧ್ಯವೇ ಇಲ್ಲ.

ಉಷ್ಣಬಲಕ್ರಿಯಾಶಾಸ್ತ್ರದ ಎರಡನೆಯ ನಿಯಮದ ಸಾಂಖ್ಯಿಕ (ಅಂದರೆ ಕಣಗಳ ದೊಡ್ಡ ಸಮೂಹಗಳಿಗೆ ಅನ್ವಯಿಸುವ) ಲಕ್ಷಣದಿಂದ ಅದರ ಪ್ರಾಮುಖ್ಯತೆಗೆ ಸ್ವಲ್ಪವೂ ಕುಂದುಂಟಾಗುವುದಿಲ್ಲ. ಹೆಚ್ಚುತ್ತಿರುವ ಜಡೋಷ್ಣದ ನಿಯಮವು ಕಾರ್ಯಗಳ ದಿಕ್ಕನ್ನು ಮೊದಲೇ ನಿರ್ಣಯಿಸುತ್ತದೆ. ಈ ಅರ್ಥದಲ್ಲಿ, ಜಡೋಷ್ಣ

ವನ್ನು ಪ್ರಾಕೃತಿಕ ಸಂಪನ್ನಗಳ ಕಾರ್ಯನಿರ್ವಾಹಕನೆಂದೂ, ಶಕ್ತಿಯನ್ನು ಲೆಕ್ಕದ ಗುಮಾಸ್ತೆಯೆಂದೂ ಪರಿಗಣಿಸಬಹುದು.

## ಸ್ಥಿತಿ ಚ್ಯುತಿಗಳು

ತಮ್ಮಷ್ಟಕ್ಕೆ ತಾವೇ ನಡೆಯುವ ಕಾರ್ಯಗತಿಗಳು ಒಂದು ವ್ಯೂಹವನ್ನು ಅದರ ಪರಮಾವಧಿ ಸಂಭವನೀಯತೆಯ ಸ್ಥಿತಿಗೆ ಅಂದರೆ, ಜಡೋಷ್ಣದ ಹೆಚ್ಚಿಕೆಗೆ, ತರುವುವೆಂಬುದನ್ನು ಮೇಲೆ ನೋಡಿದ್ದಾಗಿದೆ. ಒಂದು ವ್ಯೂಹದ ಜಡೋಷ್ಣವು ಪರಮಾವಧಿ ಮಟ್ಟವನ್ನು ತಲಪಿದಾಗ, ಸಮತಾಸ್ಥಿತಿ ಏರ್ಪಟ್ಟಿದೆ.

ಆದರೆ ಸಮತಾಸ್ಥಿತಿಯಲ್ಲಿ ಆಂತರಿಕ ನಿಶ್ಚಲ ಸ್ಥಿತಿ ಇರುವುದೆಂದು ಭಾವಿಸಲಾಗದು. ವ್ಯೂಹದ ಒಳಗಡೆ ತೀವ್ರವಾದ ತಾಪೀಯ ಚಲನೆ ಸಂಭವಿಸಿರುತ್ತದೆ. ಆದ್ದರಿಂದ, ಖಚಿತವಾಗಿ ಹೇಳಬೇಕಾದರೆ, ಯಾವುದೇ ಭೌತಿಕ ಕಾಯವು ಪ್ರತಿಕ್ಷಣದಲ್ಲಿಯೂ "ತಾನೇ ಆಗಿರುವುದನ್ನು ನಿಲ್ಲಿಸುತ್ತದೆ." ಒಂದಾದ ಮೇಲೊಂದು ಬರುವ ಪ್ರತಿಕ್ಷಣದಲ್ಲಿಯೂ ಅದರ ಅಣುಗಳ ಪರಸ್ಪರ ಹಂಚಿಕೆಯ ಕ್ರಮವು ಹಿಂದಿನ ಕ್ಷಣದಲ್ಲಿದ್ದುದಕ್ಕಿಂತ ಬೇರೆಯಾಗಿರುವುದು. ಇದರಿಂದಾಗಿ, ಎಲ್ಲಾ ಭೌತಿಕ ಪರಿಮಾಣಗಳ ಮೌಲ್ಯಗಳೂ "ಸರಾಸರಿ" ಮಟ್ಟದಲ್ಲಿ ಮಾತ್ರ ಅವ್ಯತ್ಯಸ್ತವಾಗಿ ಉಳಿಯುವುವು; ಅವು ತಮ್ಮ ಅತ್ಯಂತ ಸಂಭವನೀಯ ಮೌಲ್ಯಗಳಿಗೆ ಸಮವಾಗಿರುವುದಿಲ್ಲ, ಅವುಗಳ ಸಾಮೀಪ್ಯದಲ್ಲಿ ವ್ಯತ್ಯಾಸವಾಗುತ್ತವೆ. ಸಮತಾಸ್ಥಿತಿಯಲ್ಲಿನ ಅತ್ಯಂತ ಸಂಭವನೀಯ ಮೌಲ್ಯಗಳಿಂದ ಇರುವ ವ್ಯತ್ಯಾಸಗಳಿಗೆ **ಏರುಪೇರುಗಳು** ಅಥವಾ **ಸ್ಥಿತಿಚ್ಯುತಿಗಳು** ಎಂದು ಹೆಸರು. ಬೇರೆ ಬೇರೆ ಏರುಪೇರುಗಳ ಮೌಲ್ಯಗಳು ಅತ್ಯಂತ ಕಡಿಮೆ ಪ್ರಮಾಣದವು. ಏರುಪೇರಿನ ಮೌಲ್ಯವು ಹೆಚ್ಚಾಗಿದ್ದಷ್ಟೂ ಅದು ಅಷ್ಟೂ ಕಡಿಮೆ ಸಂಭವನೀಯವಾಗಿರುವುದು.

ಸಾಪೇಕ್ಷಕ ಏರುಪೇರಿನ ಸರಾಸರಿ ಮೌಲ್ಯವು, ಅಂದರೆ ಅಣುಗಳ ಅವ್ಯವಸ್ಥಿತ ಚಲನೆಯ ಕಾರಣದಿಂದಾದ ಗಮನದಲ್ಲಿರುವ ಭೌತಿಕ ಮೊತ್ತದ ಪರಿಮಾಣದಲ್ಲಿ, ಉಂಟಾಗುವ ವ್ಯತ್ಯಾಸದ ಅಂಶಭಾಗವನ್ನು $1/\sqrt{N}$ ಎಂಬ ವ್ಯಂಜಕದ ಮೂಲಕ ಸರಿಸುಮಾರಾಗಿ ನಿರ್ದೇಶಿಸಬಹುದು. $N$ ಎಂಬುದು ಕಾಯದಲ್ಲಿರುವ, ಅಥವಾ

ನಾವು ಪರಿಶೀಲಿಸುತ್ತಿರುವ ಅದರ ಭಾಗದಲ್ಲಿರುವ ಅಣುಗಳ ಸಂಖ್ಯೆ. ಆದ್ದರಿಂದ ಸಣ್ಣ ಸಂಖ್ಯೆಯ ಅಣುಗಳನ್ನೊಳಗೊಂಡಿರುವ ವ್ಯೂಹಗಳಲ್ಲಿ ಏರುಪೇರುಗಳು ಗಮನಾರ್ಹವಾಗಿರುವುವು ಮತ್ತು ಕೋಟ್ಯಾನುಕೋಟಿ ಅಣುಗಳನ್ನೊಳಗೊಂಡಿರುವ ದೊಡ್ಡ ಕಾಯಗಳಲ್ಲಿ ಅವು ಸಂಪೂರ್ಣವಾಗಿ ಉಪೇಕ್ಷೆ ಮಾಡುವಂತವುಗಳು.

$1/\sqrt{N}$ ಎಂಬ ಸೂತ್ರವು ತೋರಿಸುವುದೇನೆಂದರೆ, ಒಂದು ಅನಿಲದ ಒಂದು ಘನ ಸೆಂಟಿಮೀಟರಿನಲ್ಲಿ, ಸಾಂದ್ರತೆ, ಒತ್ತಡ, ಉಷ್ಣಾಂಶ ಮತ್ತು ಬೇರೆ ಯಾವ ಗುಣಗಳೂ $1/\sqrt{3\times10^{19}}$, ಅಂದರೆ ಶೇಕಡ $10^{-8}$ ರಷ್ಟಕ್ಕೆ ವಿಸಾರದ ಪ್ರಮಾಣದಲ್ಲಿ ವ್ಯತ್ಯಾಸಗೊಳ್ಳಬಹುದು. ಇಂತಹ ಏರುಪೇರುಗಳು ಪ್ರಯೋಗಗಳ ಮೂಲಕ ಕಂಡುಹಿಡಿಯುವುದಕ್ಕೆ ಅತಿ ಸಣ್ಣವುಗಳು. ಆದರೆ, ಒಂದು ಘನ ಮೈಕ್ರೊಮೀಟರಿನ ಗಾತ್ರವಲ್ಲಿನ ವಿಷಯವೇ ಬೇರೆ. ಇಲ್ಲಿ $N = 3 \times 10^7$ ಮತ್ತು ಏರುಪೇರುಗಳು ಒಂದು ಪ್ರತಿಶತದ ನೂರರ ಒಂದು ಭಾಗದಷ್ಟು ಇರುವ ಅಳತೆ ಮಾಡಬಹುದಾದ ಮೌಲ್ಯಗಳನ್ನು ಹೊಂದುತ್ತದೆ.

ಏರುಪೇರು ಒಂದು ಹೆಚ್ಚು ಸಂಭವನೀಯ ಸ್ಥಿತಿಯಿಂದ ಅದಕ್ಕಿಂತ ಕಡಿಮೆ ಸಂಭವನೀಯ ಸ್ಥಿತಿ ಒಂದಕ್ಕೆ ಪರಿವರ್ತನೆ ಎಂಬ ಅರ್ಥದಲ್ಲಿ ಅದು ಒಂದು "ಅಸಾಮಾನ್ಯ" ವಿದ್ಯಮಾನ. ಏರುಪೇರಿನ ಕಾಲಾಂತರದಲ್ಲಿ ತಂಪಾಗಿರುವ ಕಾಯದಿಂದ ಬಿಸಿಯಾಗಿರುವ ಕಾಯಕ್ಕೆ ಉಷ್ಣವು ಸಾಗುವುದು, ಅಣುಗಳ ಏಕರೂಪ ಹಂಚಿಕೆಯು ಭಂಗವಾಗುವುದು ಮತ್ತು ಕ್ರಮಬದ್ಧವಾದ ಚಲನೆಯು ಏರ್ಪಡುವುದು.

ಈ ಭಂಗಗಳ ಆಧಾರದ ಮೇಲೆ ಯಾರಾದರೂ ಎರಡನೆಯ ಜಾತಿಯ ನಿರಂತರ ಚಲನೆ ಯಂತ್ರವನ್ನು ತಯಾರಿಸುವುದರಲ್ಲಿ ಯಶಸ್ವಿಯಾಗುವರೇ ?

ಒಂದು ವಿರಳಪಡಿಸಿದ ಅನಿಲದಲ್ಲಿ ಒಂದು ಅತಿ ಚಿಕ್ಕದಾದ ಟರ್ಬೈನನ್ನು ಇಟ್ಟಿದೆ ಎಂದು ಭಾವಿಸೋಣ. ಈ ಸಣ್ಣ ಯಂತ್ರವು ಮನಸ್ಸಿಗೆ ಬಂದ ಆದರೆ ಸ್ಥಿರವಾದ ಒಂದು ದಿಕ್ಕಿನಲ್ಲಿನ ಏರುಪೇರುಗಳೊಡನೆ ಪ್ರತಿಕ್ರಿಯೆ ಹೊಂದುವ ಹಾಗೆ ಏರ್ಪಾಟು ಮಾಡುವುದಕ್ಕಾಗುವುದಿಲ್ಲವೇ ? ಉದಾಹರಣೆಗೆ, ಬಲಗಡೆಗೆ ಹಾರುವ ಅಣುಗಳ ಸಂಖ್ಯೆಯು ಎಡಗಡೆಗೆ ಹಾರುವವುಗಳದ್ದಕ್ಕಿಂತ ಹೆಚ್ಚಾಗಿದ್ದರೆ ಅದು ಸುತ್ತುವ ಹಾಗೆ ? ಇಂತಹ ಸಣ್ಣ ಸಮುಕಗಳನ್ನು ಒಟ್ಟುಗೂಡಿಸಿ ಶೇಖರಿಸಿ ಕೊನೆಗೆ

ಕ್ರಿಯಾಶಕ್ತಿ ಏರ್ಪಡುವಂತೆ ಆಗಬಹುದು. ಆಗ ನಿರಂತರ ಚಲನೆ ಯಂತ್ರ ಅಸಾಧ್ಯತೆಯನ್ನು ಪ್ರತಿಪಾದಿಸುವ ನಿಯಮವನ್ನು ಖಂಡಿಸಿದಂತಾಗುವುದು.

ಆದರೆ, ಅಕಟಕಟ, ಇಂತಹ ಯಂತ್ರ ಕಲ್ಪನೆಯು ತಾತ್ವಿಕವಾಗಿ ಸಾಧ್ಯವಿಲ್ಲ. ಟರ್ಬೈನು ಕೂಡ ತನ್ನದೇ ಆದ ಏರುಪೇರುಗಳನ್ನು ಹೊಂದಿರುವುದು (ಅದರ ಪರಿಮಾಣಗಳು ಸಣ್ಣದಾಗಿದ್ದಷ್ಟೂ ಇವು ದೊಡ್ಡದಾಗಿರುವುವು) ಎಂಬ ವಿಷಯವನ್ನು ಗಮನದಲ್ಲಿಟ್ಟುಕೊಂಡು ಸವಿಸ್ತರವಾಗಿ ಪರೀಕ್ಷಿಸಿದರೆ, ಏರುಪೇರುಗಳು ಯಾವುದೇ ಕ್ರಿಯಾಶಕ್ತಿಯನ್ನುಂಟುಮಾಡುವುದು ಎಂದಿಗೂ ಸಾಧ್ಯವೇ ಇಲ್ಲ ಎಂದು ತಿಳಿದುಬರುವುದು. ಸಮತಾಸ್ಥಿತಿಯ ಕಡೆಗೆ ಓಲುವ ಪ್ರವರ್ತಿಯ ಭಂಗಗಳು ನಮ್ಮ ಸುತ್ತಲೂ ಉಂಟಾಗುತ್ತಲೇ ಇದ್ದರೂ, ಅವುಗಳು ಸ್ಥಿತಿಯ ಸಂಭವನೀಯತೆಯ ಹೆಚ್ಚಿಕೆಯು, ಅಂದರೆ, ಜಡೋಷ್ಣದ ಹೆಚ್ಚಿಕೆಯು, ದಿಕ್ಕಿನಲ್ಲಿ ಭೌತಿಕ ಕಾರ್ಯಗತಿಗಳ ಅನಿವಾರ್ಯವಾದ ಗತಿಯನ್ನು ಬದಲಾಯಿಸಲಾರವು.

## ಉಷ್ಣಬಲಕ್ರಿಯಾಶಾಸ್ತ್ರದ ನಿಯಮಗಳನ್ನು ಯಾರು ಕಂಡು ಹಿಡಿದರು ?

ಇಲ್ಲಿ ಒಂದೇ ಒಂದು ಹೆಸರಿಗೆ ಮಿತಿಪಡಿಸಿಕೊಳ್ಳಲಾಗುವುದಿಲ್ಲ. ಉಷ್ಣಬಲ ಕ್ರಿಯಾಶಾಸ್ತ್ರದ ಎರಡನೆಯ ನಿಯಮಕ್ಕೆ ತನ್ನದೇ ಆದ ಚರಿತ್ರೆ ಇದೆ. ಇಲ್ಲಿಯೂ ಕೂಡ, ಉಷ್ಣಬಲಕ್ರಿಯಾಶಾಸ್ತ್ರದ ಮೊದಲನೆಯ ನಿಯಮದ ಚರಿತ್ರೆಯಲ್ಲಿಯಂತೆಯೇ, ಫ್ರೆಂಚ್ ವಿಜ್ಞಾನಿ ಸಾಡಿ ಕಾರ್ನೊ ಎಂಬಾತನ ಹೆಸರನ್ನು ಮೊಟ್ಟಮೊದಲಿಗೆ ನಮೂದಿಸಬೇಕು. 1824ರಲ್ಲಿ ಆತನು, ತನ್ನ ಸ್ವಂತ ಖರ್ಚಿನಿಂದ, Reflections on the Motive Power of Fire (**ಬೆಂಕಿಯ ಚಲನ ಪ್ರೇರಕ ಶಕ್ತಿಯ ಮೇಲಿನ ಚಿಂತನೆಗಳು**) ಎಂಬ ಪುಸ್ತಕವನ್ನು ಪ್ರಕಟಿಸಿದನು. ಒಂದು ತಂಪಾಗಿರುವ ಕಾಯದಿಂದ ಬಿಸಿಯಾಗಿರುವ ಕಾಯಕ್ಕೆ ಉಷ್ಣವು ಕ್ರಿಯಾಶಕ್ತಿಯ ವ್ಯಯವಿಲ್ಲದೆ ಸಾಗುವುದಿಲ್ಲ ಎಂಬುದನ್ನು ಮೊಟ್ಟಮೊದಲಿಗೆ ಈ ಗ್ರಂಥದಲ್ಲಿ ಸ್ಥಾಪಿಸಲಾಯ್ತು. ಇದೂ ಅಲ್ಲದೆ, ಒಂದು ಉಷ್ಣ ಯಂತ್ರದ ಪರಮಾವಧಿ ದಕ್ಷತೆಯು

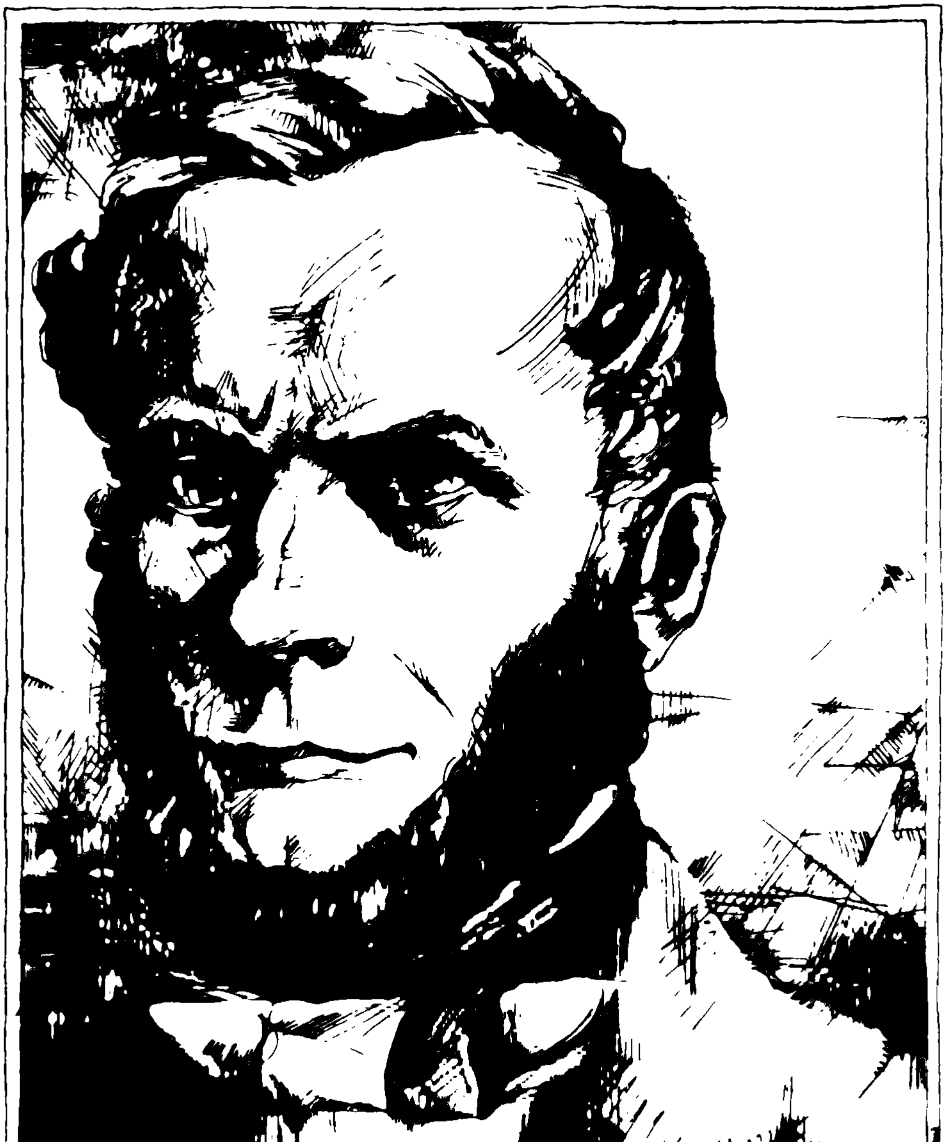
ಬಿಸಿಮಾಡುವ ಮತ್ತು ತಂಪು ಮಾಡುವ ಮಾಧ್ಯಮಗಳ ಉಷ್ಣಾಂಶಗಳ ವ್ಯತ್ಯಾಸದಿಂದ ಮಾತ್ರ ನಿರ್ಣಯವಾಗುವುದೆಂದೂ ಆತ ತೋರಿಸಿದನು.

1832ರಲ್ಲಿ ಕಾರ್ನೊವಿನ ನಿಧನದ ನಂತರವೇ ಇತರ ಭೌತವಿಜ್ಞಾನಿಗಳು ಈ ಗ್ರಂಥಕ್ಕೆ ಗಮನಕೊಟ್ಟರು. ಆದರೂ, ಈ ವಿಜ್ಞಾನ ಭಾಗದ ಮುಂದಿನ ಪ್ರಗತಿಗೆ ಇದರ ಪರಿಣಾಮ ಅತ್ಯಲ್ಪವಾಗಿದ್ದಿತು, ಏಕೆಂದರೆ ಕಾರ್ನೊವಿನ ಎಲ್ಲಾ ಬರವಣಿಗೆಗಳೂ, ಅವಿನಾಶಿಯಾದ ಮತ್ತು ಉತ್ಪಾದನ ಮಾಡಲಾಗದ "ವಸ್ತು" – ಕ್ಯಾಲೋರಿಕ್ - ಎಂಬುದನ್ನು ಅವಲಂಬಿಸಿದ್ದವು.

ಉಷ್ಣ ಮತ್ತು ಕ್ರಿಯಾಶಕ್ತಿ ಇವುಗಳ ಸಮಾನತೆಯನ್ನು ಸ್ಥಾಪಿಸಿದ ಮೇಯರ್, ಜೂಲ್ ಮತ್ತು ಹೆಲ್ಮ್‌ಹೋಲ್ಟ್ಜ್ ಇವರುಗಳ ಕಾರ್ಯವಾದ ಮೇಲೆಯೇ ಪ್ರಸಿದ್ಧ ಜರ್ಮನ್ ವಿಜ್ಞಾನಿ ರುಡಾಲ್ಫ್ ಕ್ಲಾಸಿಯಸ್ (1822–1888) ಎಂಬಾತನು ಉಷ್ಣಬಲಕ್ರಿಯಾಶಾಸ್ತ್ರದ ಎರಡನೆಯ ನಿಯಮವನ್ನು ನಿರೂಪಿಸಿದನು ಮತ್ತು ಅದನ್ನು ಗಣಿತಶಾಸ್ತ್ರಾನುಸಾರವಾಗಿ ಸೂತ್ರೀಕರಿಸಿದನು. ಪರೋಷ್ಣ ಎಂಬ ಭಾವನೆಯನ್ನು ಕ್ಲಾಸಿಯಸ್ ಮುಂದಕ್ಕೆ ತಂದನು ಮತ್ತು ಉಷ್ಣಬಲಕ್ರಿಯಾಶಾಸ್ತ್ರದ ಎರಡನೆಯ ನಿಯಮದ ಮುಖ್ಯಾಂಶವನ್ನು ಎಲ್ಲಾ ಸ್ವಾಭಾವಿಕ ಪ್ರಕ್ರಿಯೆಗಳಲ್ಲಿಯೂ ಪರೋಷ್ಣದ ಅನಿವಾರ್ಯವಾದ ಬೆಳವಣಿಗೆಗೆ ಇಳಿಸಬಹುದು ಎಂಬುದನ್ನು ತೋರಿಸಿಕೊಟ್ಟನು.

ಎಲ್ಲಾ ಕಾಯಗಳೂ, ಅವುಗಳ ರಚನೆಯು ಏನೇ ಆಗಿರಲಿ, ಪಾಲಿಸಬೇಕಾದ ಸಾಮಾನ್ಯ ವ್ಯಾಪಕವಾದ ನಿಯಮಗಳನ್ನು ಉಷ್ಣಬಲಕ್ರಿಯಾಶಾಸ್ತ್ರದ ಎರಡನೆಯ ನಿಯಮದ ಫಲವಾಗಿ ಸೂತ್ರೀಕರಿಸಬಹುದು. ಹೀಗಾದರೂ, ಒಂದು ಕಾಯದ ರಚನೆಗೂ ಅದರ ಗುಣಗಳಿಗೂ ಇರುವ ಸಂಬಂಧವನ್ನು ಕಂಡುಹಿಡಿಯುವ ಸಮಸ್ಯೆಯು ಇನ್ನೂ ಇರುತ್ತದೆ. **ಸಾಂಖ್ಯಿಕ ಭೌತವಿಜ್ಞಾನ** ಎಂಬ ಭೌತವಿಜ್ಞಾನದ ಶಾಖೆಯು ಈ ಪ್ರಶ್ನೆಗೆ ಉತ್ತರವನ್ನು ನೀಡುತ್ತದೆ.

ಕೋಟ್ಯಾನುಕೋಟಿ ಸಂಖ್ಯೆಯ ಕಣಗಳನ್ನು ಹೊಂದಿರುವ ಒಂದು ವ್ಯೂಹವನ್ನು ನಿರೂಪಿಸುವ ಭೌತಿಕ ಪರಿಮಾಣಗಳನ್ನು ಗಣಿಸಿ ಕಂಡುಹಿಡಿಯುವುದಕ್ಕೆ ಒಂದು ಹೊಸ ಮಾರ್ಗವು ಅತ್ಯವಶ್ಯಕವೆಂಬುದು ಸ್ಪಷ್ಟವಾಗಿದೆ. ವಾಸ್ತವವಾಗಿ,



**ರುಡಾಲ್ಫ್ ಕ್ಲೌಸಿಯಸ್ (1822–1888)**—ಪ್ರಮುಖ ಜರ್ಮನ್ ತಾತ್ತ್ವಿಕ ಭೌತವಿಜ್ಞಾನಿ. ಉಷ್ಣಬಲಕ್ರಿಯಾಶಾಸ್ತ್ರದ ಎರಡನೆಯ ನಿಯಮವನ್ನು ನಿಖರವಾಗಿ ಮೊಟ್ಟಮೊದಲು ನಿರೂಪಿಸಿದವನು ಕ್ಲೌಸಿಯಸ್ : 1850ರಲ್ಲಿ ಒಂದು ತಂಪಾಗಿರುವ ಕಾಯದಿಂದ ಅದಕ್ಕಿಂತ ಹೆಚ್ಚು ಬಿಸಿ→

ಅಷ್ಟು ಕಣಗಳ ಚಲನೆಗಳನ್ನು ಅನುಸರಿಸುತ್ತ, ಚಲನಶಾಸ್ತ್ರದ ಸೂತ್ರಗಳ ಸಹಾಯದಿಂದ ಈ ಚಲನೆಯನ್ನು ವಿವರಿಸ ಹೋಗುವುದು ಅರ್ಥವಿಲ್ಲದ, ಅಷ್ಟೇಕೆ ಅಸಾಧ್ಯವೇ ಆದ ಉದ್ಯಮ. ಆದರೂ, ಕಣಗಳ ಈ ಅಗಾಧ ಸಂಖ್ಯೆಯೇ ಕಾಯಗಳ ಪರಿಶೀಲನೆಗೆ ಹೊಸ "ಸಾಂಖ್ಯಿಕ" ವಿಧಾನಗಳ ಬಳಕೆಯು ಸಾಧ್ಯವಾಗುವಂತೆ ಮಾಡುವುದು. ಈ ವಿಧಾನಗಳು ಘಟನೆಗಳ ಸಂಭವನೀಯತೆಯ ಭಾವನೆಯನ್ನು ವಿಶೇಷವಾಗಿ ಬಳಸುವುವು. ಸಾಂಖ್ಯಿಕ ಭೌತವಿಜ್ಞಾನದ ಅಸ್ತಿಭಾರವನ್ನು ಆಸ್ಟ್ರಿಯದ ಭೌತವಿಜ್ಞಾನಿ ಲುಡ್ವಿಗ್ ಬೋಲ್ಟ್ಸ್‌ಮಾನ್ (1844–1906) ಎಂಬಾತನು ಹಾಕಿದನು. ಹಲವು ಲೇಖನಗಳ ಮಾಲೆ ಒಂದರಲ್ಲಿ, ಈ ಕಾರ್ಯಕ್ರಮವನ್ನು ಅನಿಲಗಳ ವಿಚಾರದಲ್ಲಿ ಹೇಗೆ ಸಾಧಿಸಬಹುದೆಂಬುದನ್ನು ತೋರಿಸಿಕೊಟ್ಟನು.

ಈ ಪರಿಶೋಧನೆಗಳ ಅಂತಿಮ ಫಲಿತಾಂಶವಾಗಿ 1877ರಲ್ಲಿ ಬೋಲ್ಟ್ಸ್‌ಮಾನನು ನಿರೂಪಿಸಿದ ಉಷ್ಣಬಲಕ್ರಿಯಾಶಾಸ್ತ್ರದ ಎರಡನೆಯ ನಿಯಮದ ಸಾಂಖ್ಯಿಕ ಅರ್ಥವಿವರಣೆಯು ಹೊರಪಟ್ಟಿತು. ಜಡೋಷ್ಣಕ್ಕೂ ಮತ್ತು ಒಂದು ವ್ಯೂಹದ ಸ್ಥಿತಿಯ ಸಂಭವನೀಯತೆಗೂ ಇರುವ ಸಂಬಂಧದ ಸೂತ್ರವನ್ನು ಆತನ ಸಮಾಧಿ ಶಿಲೆಯ ಮೇಲೆ ಕೆತ್ತಲಾಗಿದೆ.

ಭೌತವಿಜ್ಞಾನದಲ್ಲಿ ಸಂಪೂರ್ಣವಾಗಿ ಹೊಸದಾದ ಪದ್ಧತಿಗಳನ್ನು ಕಂಡುಹಿಡಿದ ಬೋಲ್ಟ್ಸ್‌ಮಾನನ ವೈಜ್ಞಾನಿಕ ಸಾಧನೆಗಳನ್ನು ಉತ್ಪ್ರೇಕ್ಷೆ ಮಾಡುವುದು ಕಷ್ಟವೇ ಸರಿ. ಬೋಲ್ಟ್ಸ್‌ಮಾನನ ಪರಿಶೋಧನೆಗಳನ್ನು ಸಂಪ್ರದಾಯಬದ್ಧ ಜರ್ಮನ್

---

→ ಶೀತಲವಾದ ಕಾಯಕ್ಕೆ ಉಷ್ಣವು ತನ್ನಷ್ಟಕ್ಕೆ ತಾನೇ ಸಾಗುವುದು ಸಾಧ್ಯವಿಲ್ಲ ಎಂಬ ಪ್ರಮೇಯದ ರೂಪದಲ್ಲಿ, ಮತ್ತು 1865ರಲ್ಲಿ ತಾನೇ ಆಚರಣೆಗೆ ತಂದ ಜಡೋಷ್ಣದ ಭಾವನೆಯ ಸಹಾಯದಿಂದ. ಬಹು ಪರಮಾಣುಗಳುಳ್ಳ ಅನಿಲಗಳ ಉಷ್ಣಗ್ರಹಣ ಶಕ್ತಿ ಮತ್ತು ಅನಿಲಗಳ ತಾಪವಾಹಕತ್ವ ಇವುಗಳಿಗೆ ಸಂಬಂಧಿಸಿದ ಪ್ರಶ್ನೆಗಳ ಬಗ್ಗೆ ಮೊಟ್ಟಮೊದಲು ಪರಿಶೀಲನೆ ಮಾಡಿದವರಲ್ಲಿ ಕ್ಲಾಸಿಯಸ್ ಒಬ್ಬ. ಅನಿಲಗಳ ಚಲನ ತತ್ತ್ವದಲ್ಲಿ ಕ್ಲಾಸಿಯಸ್ಸನ ಪರಿಶ್ರಮವು ಭೌತಿಕ ವ್ಯೂಹಗಳ ವಿಚಾರವಾಗಿ ಸಾಂಖ್ಯಿಕ ಭಾವನೆಗಳ ಬೆಳವಣಿಗೆಗೆ ಉತ್ತೇಜನ ಕೊಟ್ಟಿತು. ವಿಶ್ವದ ಮತ್ತು ಕಾಲದ ವಿಸ್ತಾರಗಳ ವಿಚಾರವಾಗಿ ಹಲವಾರು ಕುತೂಹಲಜನಕಗಳಾದ ಸಮಸ್ಯೆಗಳನ್ನು ಕ್ಲಾಸಿಯಸ್ ಸೂಚಿಸಿದನು.

ಪ್ರಾಧ್ಯಾಪಕರು ಅವನ ಜೀವಿತ ಕಾಲದಲ್ಲಿ ಅವಹೇಳನ ಮಾಡಿದರು: ಆಗಿನ ಕಾಲದಲ್ಲಿ ಪರಮಾಣುಗಳ ಮತ್ತು ಅಣುಗಳ ಭಾವನೆಗಳನ್ನು ಅನೇಕರು ತೀರ ಸರಳ ಜಾತಿಯುವು ಎಂದು ಎಣಿಸಿದ್ದರು. ಬೋಲ್ಟ್ಸ್‌ಮಾನನು ಆತ್ಮಹತ್ಯೆ ಮಾಡಿಕೊಂಡನು. ನಿಸ್ಸಂದೇಹವಾಗಿ ಇದರಲ್ಲಿ ಈಗ ತಾನೆ ವಿವರಿಸಿದ ಪರಿಸ್ಥಿತಿಯ ಪಾತ್ರ ಕಡಮೆಯದೇನಲ್ಲ.

ಸಾಂಖ್ಯಿಕ ಭೌತವಿಜ್ಞಾನವೆಂಬ ಭವನವು ಪ್ರಮುಖ ಅಮೆರಿಕದ ಭೌತ ವಿಜ್ಞಾನಿ ಜೊಸೈಯ ವಿಲ್ಲಾರ್ಡ್ ಗಿಬ್ಸ್ (1839–1903) ಎಂಬಾತನ ಪರಿಶ್ರಮದಿಂದ ಬಹುಮಟ್ಟಿಗೆ ಮುಂದುವರೆಸಿ ಉತ್ತಮಗೊಳಿಸಲ್ಪಟ್ಟಿತು. ಬೋಲ್ಟ್ಸ್‌ಮಾನನ ವಿಧಾನಗಳನ್ನು ಗಿಬ್ಸ್ ವಿಸ್ತರಗೊಳಿಸಿದನು ಮತ್ತು ಈ ಸಾಂಖ್ಯಿಕ ಮಾರ್ಗವನ್ನು ಎಲ್ಲಾ ಕಾಯಗಳಿಗೂ ಹೇಗೆ ಅನ್ವಯವಾಗುವ ಹಾಗೆ ವಿಸ್ತರಿಸಬಹುದು ಎಂಬುದನ್ನು ತೋರಿಸಿಕೊಟ್ಟನು.

ಗಿಬ್ಸ್‌ನ ಕೊನೆಯ ಲೇಖನವು 20ನೆಯ ಶತಮಾನದ ಪ್ರಾರಂಭದಲ್ಲಿ ಪ್ರಕಟವಾಯ್ತು. ಅತಿ ನಿಗರ್ವಿಯಾದ ಸಂಶೋಧಕನಾದ ಗಿಬ್ಸ್ ತನ್ನ ಲೇಖನಗಳನ್ನು ಒಂದು ಸಣ್ಣ ಪ್ರಾಂತೀಯ ವಿಶ್ವವಿದ್ಯಾಲಯದ ಪತ್ರಿಕೆಯಲ್ಲಿ ಪ್ರಕಟಿಸಿದನು. ಈತನ ಅಸಾಧಾರಣವಾದ ಪರಿಶೋಧನೆಗಳು ಎಲ್ಲಾ ಭೌತವಿಜ್ಞಾನಿಗಳ ಪರಿಚಯಕ್ಕೆ ಬರಲು ಹಲವಾರು ವರ್ಷಗಳು ತಡವಾಯ್ತು.

ಬಹುಸಂಖ್ಯೆಯ ಕಣಗಳನ್ನೊಳಗೊಂಡಿರುವ ಕಾಯಗಳ ಗುಣಗಳನ್ನು ಗಣನೆ ಮಾಡಿ ಕಂಡುಹಿಡಿಯುವ ಮಾರ್ಗವನ್ನು ಸಾಂಖ್ಯಿಕ ಭೌತವಿಜ್ಞಾನ ತೋರಿಸಿದೆ. ಈ ಗಣನಾವಿಧಾನಗಳು ಸರ್ವಶಕ್ತಿಯುತವಾದುವೆಂದು ಎಣಿಸಕೂಡದು. ಒಂದು ಕಾಯದ ಪರಮಾಣುಗಳ ಚಲನೆಯ ರೀತಿಯು ತುಂಬ ಜಟಿಲವಾದುವಾಗಿದ್ದರೆ, ದ್ರವಗಳಲ್ಲಿರುವಂತೆ, ವಾಸ್ತವಿಕವಾದ ಗಣನೆಗಳು ಆಚರಣೆಯಲ್ಲಿ ಅಸಾಧ್ಯವಾಗಿ ಪರಿಣಮಿಸಬಹುದು.

# 9. ದೈತ್ಯ ಅಣುಗಳು

## ಪರಮಾಣುಗಳ ಸರಪಣಿಗಳು

ರಸಾಯನ ವಿಜ್ಞಾನಿಗಳೂ ಮತ್ತು ಯಂತ್ರಕಲಾಶಾಸ್ತ್ರಜ್ಞರೂ ಬಹುಕಾಲದಿಂದ ಪರಮಾಣುಗಳು ಒಂದು ಸರಪಣಿಯಲ್ಲಿನ ಕೊಂಡಿಗಳಂತೆ ಒಂದಕ್ಕೊಂದು ಸೇರಿರುವ ಪರಮಾಣುಗಳಿರುವ ಉದ್ದವಾದ ಅಣುಗಳನ್ನೊಳಗೊಂಡ ಸ್ವಾಭಾವಿಕ ಪದಾರ್ಥಗಳೊಡನೆ ವ್ಯವಹರಿಸುತ್ತಿರುವರು. ದೃಷ್ಟಾಂತಗಳು ಎಲ್ಲ ಕಡೆಯೂ ಸಿಕ್ಕುತ್ತವೆ : ರಬ್ಬರ್, ಸೆಲ್ಯುಲೋಸ್ ಮತ್ತು ಪ್ರೊಟೀನ್ ಅಂತಹ ಹೇರಳವಾಗಿ ದೊರಕುವ ಪದಾರ್ಥಗಳು ಸಾವಿರಾರು ಪರಮಾಣುಗಳನ್ನೊಳಗೊಂಡಿರುವ ಸರಪಣಿಯಂತಹ ಅಣುಗಳಾಗಿವೆ. ಈ ಶತಮಾನದ ಮೂರನೆಯ ದಶಕದಲ್ಲಿ ರಸಾಯನ ವಿಜ್ಞಾನಿಗಳು ತಮ್ಮ ಪ್ರಯೋಗಶಾಲೆಗಳಲ್ಲಿ ಇಂತಹ ಪದಾರ್ಥಗಳನ್ನು ತಯಾರಿಸುವುದನ್ನು ಕಲಿತಾಗ, ಅವುಗಳ ರಚನೆಯ ಸಂಬಂಧದ ಭಾವನೆಗಳು ರೂಪಿಸಲ್ಪಟ್ಟು ಅಭಿವೃದ್ಧಿಪಡಿಸಲ್ಪಟ್ಟವು.

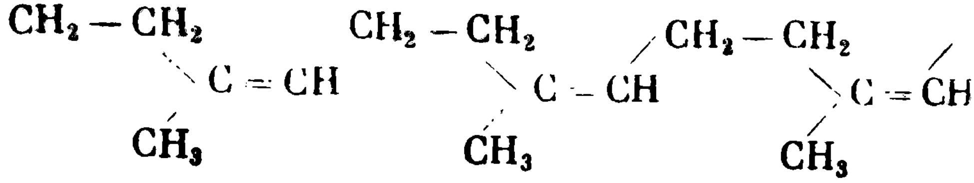
ದೀರ್ಘ ಸರಪಣಿಯ ಅಣುಗಳಿಂದ ರಚಿತವಾದ ಪದಾರ್ಥಗಳನ್ನು ತಯಾರಿಸುವುದರಲ್ಲಿ ಮೊದಲನೆಯ ಹೆಜ್ಜೆಯು ಸಂಯೋಗ ತಯಾರಿಕೆಯ ಕಾಟ್‌ಚೌಕ್ ನಿರ್ಮಾಣ. ಈ ಮಹತ್ವಯುತ ಸಂಶೋಧನೆಯು ಸೋವಿಯೆತ್ ರಸಾಯನ ವಿಜ್ಞಾನಿ ಸರ್ಗೈ ವಾಸಿಲಿಯೇವಿಚ್ ಲೆಬೆದೆವ್ (1874–1934) ಎಂಬಾತನಿಂದ 1926ರಲ್ಲಿ ಮುಗಿಸಲ್ಪಟ್ಟಿತು. (ಸ್ವಾಭಾವಿಕ ಸ್ಥಿತಿಯಲ್ಲಿರುವ ರಬ್ಬರಿಗೆ ಹೆಸರಾದ) ಸಂಯೋಗ ತಯಾರಿಕೆಯ ಕಾಟ್‌ಚೌಕ್‌ಅನ್ನು ಔದ್ಯೋಗಿಕವಾಗಿ ತಯಾರಿಸುವುದು ಸೋವಿಯೆತ್ ಒಕ್ಕೂಟದಲ್ಲಿ ಬಹಳ ಮುಖ್ಯ ಸಮಸ್ಯೆಯಾಗಿತ್ತು. ಏಕೆಂದರೆ ಸ್ವಯಂ

ಚಲಿ ವಾಹನಗಳ ಚಕ್ರಗಳ ಪಟ್ಟಿಗಳ ತಯಾರಿಕೆಗೆಗಾಗಿ ವಿಶೇಷ ಗಿರಾಕಿ ಇದ್ದಿತು (ರಬ್ಬರು ಕಾಔಟ್‌ಚೌಕ್ ಅಥವಾ ಸ್ವಾಭಾವಿಕ ಸ್ಥಿತಿಯ ರಬ್ಬರ್‌ನಿಂದ ತಯಾರಿಸಲ್ಪಡುವುದು) ಮತ್ತು ರಬ್ಬರ್ ಗಿಡದ ಸಾಗುವಳಿಗೆ ಉಷ್ಣವಲಯದ ಹವಾಮಾನ ಅವಶ್ಯಕ.

ಹೆವಿಯ ಅಥವಾ ರಬ್ಬರ್ ಗಿಡವು ಬ್ರೆಸಿಲ್ ಕಾಡುಗಳಲ್ಲಿ ಸೊಂಪಾಗಿ ಬೆಳೆಯುತ್ತದೆ ಮತ್ತು ಅದರಿಂದ ಸ್ವಾಭಾವಿಕ ರಬ್ಬರು ತೇಲುತ್ತಿರುವ ಲೇಟೆಕ್ಸ್ ಎಂಬ ಹಾಲಿನಂತಹ ದ್ರವವು ಜಿನುಗುತ್ತದೆ. ಬ್ರೆಸಿಲ್ ಇಂಡಿಯನರು ಸ್ವಾಭಾವಿಕ ರಬ್ಬರಿನಿಂದ ಚೆಂಡುಗಳನ್ನು ಮಾಡಿದರು ಮತ್ತು ಎಕ್ಕಡಗಳನ್ನು ಮಾಡುವುದಕ್ಕೂ ಅದನ್ನು ಉಪಯೋಗಿಸಿದರು. ಆದರೆ 1839ರಲ್ಲಿ ಚಾರ್ಲ್ಸ್ ಗುಡ್‌ಯಿರ್ (1800–1860) ಎಂಬಾತನು ಸ್ವಾಭಾವಿಕ ರಬ್ಬರಿಗೆ ಗಂಧಕ ಸಂಸ್ಕಾರ (vulcanizing) ಕೊಡುವ ವಿಧಾನ ಮೊದಲು ಮಾಡಿದನು. ಸ್ವಾಭಾವಿಕ ರಬ್ಬರನ್ನು ಗಂಧಕದೊಡನೆ ಸಂಸ್ಕರಿಸಿ, ಉಷ್ಣಕ್ಕೆ ಗುರಿಪಡಿಸಿದರೆ. ಅಂಟಂಟಾಗಿಯೂ, ಸುಲಭವಾಗಿ ಆಕಾರ ಬದಲುಗೊಳ್ಳುವಂತಹುದೂ ಆದ ರಬ್ಬರು ಸ್ಥಿತಿಸ್ಥಾಪಕ ರಬ್ಬರಾಗಿ ಮಾರ್ಪಡುವುದು.

ಮೊದಮೊದಲಿಗೆ ರಬ್ಬರಿಗೆ ಗಿರಾಕಿಯು ಕಡಿಮೆಯಾಗಿತ್ತು. ಆದರೆ ಇಂದು ಮನುಷ್ಯಜಾತಿಗೆ ವರ್ಷಂಪ್ರತಿ ಕೋಟಿಗಟ್ಟಲೆ ಟನ್ನುಗಳ ರಬ್ಬರ್ ಬೇಕಾಗಿದೆ. ನಾವು ಆಗಲೆ ಸೂಚಿಸಿರುವಂತೆ. ರಬ್ಬರ್ ಗಿಡಗಳು ಉಷ್ಣವಲಯದ ಕಾಡುಗಳಲ್ಲಿ ಮಾತ್ರ ಬೆಳೆಯುತ್ತವೆ. ಆದ್ದರಿಂದ ಶೀತ ಅಥವಾ ಸಮಶೀತೋಷ್ಣ ವಲಯಗಳಲ್ಲಿನ ದೇಶಗಳು ಸ್ವಾಭಾವಿಕ ರಬ್ಬರನ್ನು ಆಮದು ಮಾಡಿಕೊಳ್ಳುವುದರ ಅವಲಂಬನವನ್ನು ತಪ್ಪಿಸಿಕೊಳ್ಳುವುದಕ್ಕೋಸ್ಕರ. ಕಾರ್ಖಾನೆಗಳಲ್ಲಿ ಔದ್ಯೋಗಿಕ ಪ್ರಮಾಣದಲ್ಲಿ ಸಂಯೋಗ ತಯಾರಿಕೆಯ ರಬ್ಬರನ್ನು ತಯಾರಿಸಬೇಕು.

ಸಂಯೋಗ ತಯಾರಿಕೆಯ ರಬ್ಬರನ್ನು ತಯಾರುಮಾಡಬೇಕಾದರೆ ಸ್ವಾಭಾವಿಕ ರಬ್ಬರು (ಕಾಔಟ್‌ಚೌಕ್) ಏನು ಎಂಬುದನ್ನು ತಿಳಿದುಕೊಳ್ಳುವುದು ಅವಶ್ಯಕ. ಲೆಬೆದೆವ್ ತನ್ನ ಸಂಶೋಧನೆಗಳನ್ನು ಪ್ರಾರಂಭಿಸಿದಾಗ. ಸ್ವಾಭಾವಿಕ ರಬ್ಬರಿನ ರಾಸಾಯನಿಕ ಸೂತ್ರವು ಆಗಲೇ ತಿಳಿದಿತ್ತು. ಅದು ಹೀಗಿದೆ :



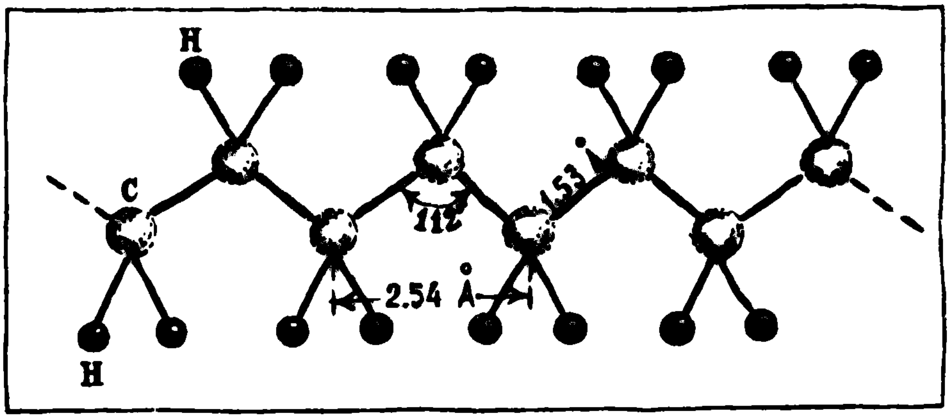
ಇಲ್ಲಿ ತೋರಿಸಿರುವ ಸರಪಣಿಗೆ ಮೊದಲೂ ಇಲ್ಲ ಕೊನೆಯೂ ಇಲ್ಲ. ಈ ಅಣುಗಳು ಒಂದೇ ವಿಧವಾದ ಕೊಂಡಿಗಳಿಂದ ಕೂಡಿಸಲ್ಪಟ್ಟಿದೆ ಎಂದು ಕಾಣುತ್ತೇವೆ. ಆದ್ದರಿಂದ ಸ್ವಾಭಾವಿಕ ರಬ್ಬರಿನ ಸೂತ್ರವನ್ನು ಸಂಗ್ರಹವಾಗಿ ಹೀಗೆ ಬರೆಯಬಹುದು :

$$\left[ -CH_2 - \underset{\displaystyle CH_3}{\underset{|}{C}} = CH - CH_2 - \right]_n$$

*n* ಎಂಬ ಅಂಕಿಯು ಹಲವು ಸಾವಿರಗಳಷ್ಟಿರಬಹುದು. ಪುನರಾವರ್ತವಾಗುವ ಗುಂಪುಗಳಿಂದ ರಚಿತವಾದ ಉದ್ದ ಸರಪಣಿಯ ಅಣುಗಳಿಗೆ **ಪಾಲಿಮರ್ಸ್** ಎಂದು ಹೆಸರು.

ಸಂಯೋಗ ತಯಾರಿಕೆಯ ಪಾಲಿಮರ್‌ಗಳು ಬಹುಸಂಖ್ಯೆಯಲ್ಲಿ ತಾಂತ್ರಿಕ ವಿಜ್ಞಾನದಲ್ಲಿಯೂ ಮತ್ತು ಬಟ್ಟೆ ಉದ್ಯೋಗದಲ್ಲಿಯೂ ಅತ್ಯಂತ ವ್ಯಾಪಕವಾಗಿ ಉಪಯೋಗಿಸಲ್ಪಟ್ಟಿವೆ. ಅವುಗಳ ಪೈಕಿ ನೈಲಾನ್, ಪಾಲಿಇಥಲೀನ್, ಕ್ಯಾಪ್ರಾನ್, ಪಾಲಿಪ್ರೊಪಿಲೀನ್, ಪಾಲಿವಿನೈಲ್ ಕ್ಲೋರೈಡ್ ಮತ್ತು ಇನ್ನೂ ಅನೇಕಾನೇಕ ವಸ್ತುಗಳನ್ನು ಹೇಳಬಹುದು.

ಪಾಲಿಇಥಲೀನಿನ ಅಣುಗಳ ರಚನಾಕ್ರಮವು ಎಲ್ಲಕ್ಕಿಂತ ಸರಳವಾದುದು. ಈ ಪದಾರ್ಥದ ಚೀಲಗಳನ್ನು ಪ್ರಪಂಚದಲ್ಲೆಲ್ಲಾ ಮನೆಗಳ ಮತ್ತು ವಾಸಕೊಠಡಿಗಳ ಅಡಿಗೆ ಮನೆಗಳ ಮೇಜಿನ ಮೇಲೆ ಕಾಣಬಹುದು. ಪಾಲಿಇಥಲೀನಿನ ಒಂದು ಅಣುವನ್ನು ಅದು ಹೋಗುವಷ್ಟು ಉದ್ದಕ್ಕೂ ಎಳೆದು ಹಿಗ್ಗಿಸಿದರೆ, ಅದು ಚಿತ್ರ 9.1




ಚಿತ್ರ 9.1

ರಲ್ಲಿ ತೋರಿಸಿರುವುದನ್ನು ಹೋಲುವುದು. ಪರಮಾಣುಗಳ ನಡುವಿನ ದೂರಗಳನ್ನೂ ಮತ್ತು ಸಂಯೋಜನ ಬಂಧನಗಳ ನಡುವಿನ ಕೋನಗಳನ್ನೂ ಭೌತವಿಜ್ಞಾನಿಗಳು ಕಂಡುಹಿಡಿದರು. ಇದು ನಿಮಗೆ ವಿಶದವಾಗಿಯೇ ಇರಬೇಕು.

ಉದ್ದ ಸರಪಣಿಯ ಅಣುಗಳು ಪಾಲಿಮರ್ಸ್ ಆಗಿರಲೇಬೇಕೆಂದೇನಿಲ್ಲ. ಅಂದರೆ ಅವುಗಳು ಪುನರಾವರ್ತ ಗುಂಪುಗಳಿಂದಲೇ ರಚಿತವಾಗಿರಬೇಕಾಗಿಲ್ಲ. ಎರಡು ಅಥವಾ ಹೆಚ್ಚು ಸಂಖ್ಯೆಯ ಬೇರೆ ಬೇರೆ ಗುಂಪುಗಳಿಂದ ರಚಿತವಾದ ಅಣುಗಳನ್ನು "ಕಲ್ಪಿಸುವುದ"ನ್ನು ರಸಾಯನ ವಿಜ್ಞಾನಿಗಳು ಕಲಿತಿರುವರು. ಗುಂಪುಗಳು ಒಂದು ನಿರ್ದಿಷ್ಟ ಕ್ರಮದಲ್ಲಿ. ಉದಾಹರಣೆಗೆ ABABABABAB ಎಂಬ ಕ್ರಮದಲ್ಲಿ ಒಂದಾದ ಮೇಲೊಂದು ಬಂದರೆ ಇಂತಹ ಅಣುವನ್ನೂ ಒಂದು ಪಾಲಿಮರ್ ಎಂದು ಕರೆಯುವುದು ಸೂಕ್ತವಾಗಿಯೇ ಇರುವುದು. ಆದರೂ. ನಾವು ಅನೇಕ ಸಂದರ್ಭಗಳಲ್ಲಿ ಇಂತಹ ಕ್ರಮಾನುಗತವಾದ ಅನುಕ್ರಮವಿಲ್ಲದಿರುವ ಅಣುಗಳೊಡನೆ ವ್ಯವಹರಿಸಬೇಕಾಗುವುದು. ABBBABABAAABBBBABABAABBA ಎಂಬ ರಚನೆಯುಳ್ಳ ಅಣುವನ್ನು ಒಂದು ಪಾಲಿಮರ್ ಎಂದು ಕರೆಯಬಹುದೇ ? ಇದು ಇಷ್ಟಾನುಸಾರವಾದ ವಿಷಯ ಮತ್ತು ಹೆಸರುಗಳ ಮೇಲಿನ ರುಚಿಗಳು ಬೇರೆ ಬೇರೆಯಾಗಿರಬಹುದು.

ಸ್ವಾಭಾವಿಕವಾದ ಒಂದು ಪ್ರೋಟೀನಿನ ಅಣುವನ್ನು ಸಾಮಾನ್ಯವಾಗಿ ಪಾಲಿಮರ್ ಎಂದು ಕರೆಯುವುದಿಲ್ಲ. ಪ್ರೋಟೀನ್‌ಗಳು ಬೇರೆ ಬೇರೆ ಜಾತಿಯ ಸುಮಾರು ಇಪ್ಪತ್ತು ತುಂಡುಗಳನ್ನು ಸೇರಿಸಿ ರಚಿತವಾಗಿರುತ್ತವೆ. ಈ ತುಂಡು ಗಳನ್ನು, ಅಥವಾ ಕಟ್ಟಡದ ದಿಮ್ಮಿಗಳನ್ನು, ಅಮಿನೋ ಆಸಿಡ್ ರೇಡಿಕಲ್ (ಅಮಿನೋ ಆಮ್ಲಮೂಲ ಘಟಕ) ಎಂದು ಕರೆಯುತ್ತಾರೆ.

ಪ್ರೋಟೀನ್ ಅಣುಗಳಿಗೂ ಮತ್ತು ಹಲವು ತುಂಡುಗಳನ್ನು ಅವ್ಯವಸ್ಥಿತವಾಗಿ ಅಳವಡಿಸಿ ಸೇರಿಸಿರುವ ಸಂಯೋಜನ ತಯಾರಿಕೆಯ ಅಣುಗಳಿಗೂ ಒಂದು ಮುಖ್ಯ ವ್ಯತ್ಯಾಸವಿದೆ. ಸಂಯೋಜನ ತಯಾರಿಕೆಯ ಪಾಲಿಮರ್‌ನ ಒಂದು ತುಂಡಿನಲ್ಲಿ ಎರಡು ಅಣುಗಳು ಯಾವಾಗಲೂ ಒಂದೇ ಆಗಿರುವುದಿಲ್ಲ. ಇಂತಹ ಒಂದು ಸರಪಣಿ ಅಣುವು ಸಿಕ್ಕಾಬಟ್ಟೆ ಕ್ರಮದಲ್ಲಿ ಸೇರಿಸಿದ ಅಂಶ ತುಂಡುಗಳ ಸಾಲನ್ನು ಮತ್ತೊಂದು ಅಣುವಿನಲ್ಲಿನ ಅವ್ಯವಸ್ಥಿತ ಸಾಲಿನೊಡನೆ ಸೇರಿಸಿ ಆಗಿರಬಹುದು. ಸಾಮಾನ್ಯವಾಗಿ ಇದರಿಂದ ಪಾಲಿಮರ್‌ನ ಗುಣಗಳ ಮೇಲೆ ಹಾನಿಕರವಾದ ಪರಿಣಾಮ ಉಂಟಾಗುವುದು. ಅಣುಗಳು ಒಂದನ್ನೊಂದು ಹೋಲದೆ ಇದ್ದರೆ, ಅವುಗಳನ್ನು ಫಲಕಾರಿಯಾದ ರೀತಿಯಲ್ಲಿ ಒಟ್ಟುಗೂಡಿಸಲಾಗುವುದಿಲ್ಲ. ತತ್ವಶಃ, ಇಂತಹ ಅಣು ಗಳು ಒಂದು ಪದರನ್ನು ಜೋಡಿಸಿ ರಚಿಸುವುದಿಲ್ಲ. ಈ ಜಾತಿಯ ಪದಾರ್ಥಗಳು ಅಸ್ಫಟಿಕೀಯ ಗಾಜುಗಳನ್ನು ಉತ್ಪತ್ತಿಮಾಡುತ್ತವೆ.

ಕಳೆದ ದಶಕಗಳಲ್ಲಿ, ರಸಾಯನ ಶಾಸ್ತ್ರಜ್ಞರು ಕ್ರಮಬದ್ಧವಾದ ಪಾಲಿಮರ್‌ಗಳ ತಯಾರಿಕೆಯನ್ನು ಕಲಿತಿರುವರು, ಮತ್ತು ಇದರಿಂದಾಗಿ ಅನೇಕ ಅಮೂಲ್ಯವಾದ ಪದಾರ್ಥಗಳನ್ನು ಕೈಗಾರಿಕೆಗೆ ದೊರಕಿಸಿಕೊಟ್ಟಿರುವರು.

ಒಂದು ನಿರ್ದಿಷ್ಟ ಜಾತಿಯ (ಒಂದು ಎತ್ತಿನ ಹೇಮೊಗ್ಲಾಬಿನ್ ಎಂದು ಇಟ್ಟು ಕೊಳ್ಳೋಣ) ಸ್ವಾಭಾವಿಕ ಪ್ರೋಟೀನುಗಳಲ್ಲಿ ಅಣುಗಳು, ಅವ್ಯವಸ್ಥಿತ ರಚನೆ ಯನ್ನು ಹೊಂದಿದ್ದರೂ, ಎಲ್ಲಾ ಒಂದೇ ಆಗಿರುತ್ತವೆ. ಯಾವುದಾದರೂ ನಿರ್ದಿಷ್ಟ ವಾದ ಒಂದು ಪ್ರೋಟೀನಿನ ಅಣುವನ್ನು ಒಂದು ಪುಸ್ತಕದ ಒಂದು ಪುಟಕ್ಕೆ ಹೋಲಿಸ ಬಹುದು : ಅಕ್ಷರಗಳು ಅವ್ಯವಸ್ಥಿತ, ಆದರೆ ಒಂದು ನಿರ್ದಿಷ್ಟ ಕ್ರಮವನ್ನನುಸರಿಸಿ

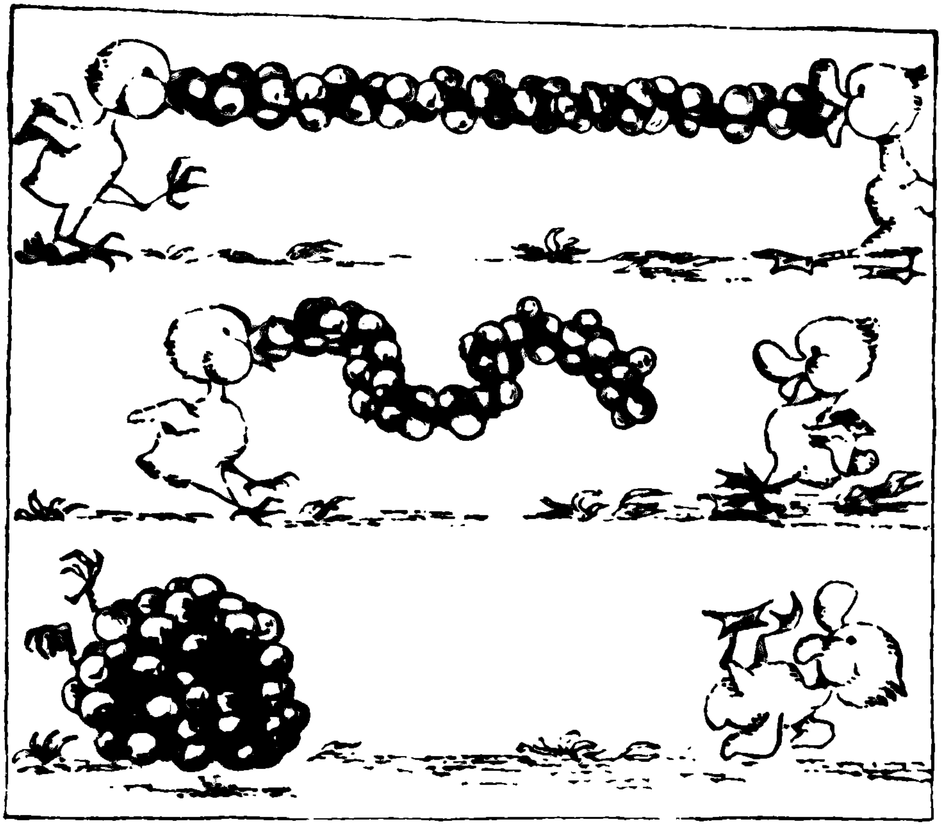
ಒಂದನ್ನೊಂದು ಹಿಂಬಾಲಿಸುತ್ತವೆ. ಒಂದು ಪ್ರೋಟೀನಿನ ಎಲ್ಲಾ ಅಣುಗಳೂ ಪುಸ್ತಕದ ಒಂದೇ ಪುಟದ ನಕಲುಗಳು.

## ಅಣುಗಳ ನಮ್ಯತ್ವ

ಒಂದು ಉದ್ದ ಸರಪಣಿಯ ಅಣುವನ್ನು ಒಂದು ರೈಲು ಕಂಬಿಗೆ ಹೋಲಿಸಬಹುದು. 0.1 ಮಿ.ಮೀ. ಉದ್ದವಿರುವ ಒಂದು ಸಾಲು ಹತ್ತು ಲಕ್ಷ ಪರಮಾಣುಗಳಿಗೆ ಸ್ಥಳಕೊಡಬಲ್ಲುದು. ಪಾಲಿಈಥಲೀನಿನ ಒಂದು ಅಣುವಿನ ಅಡ್ಡಳತೆಯು ಸುಮಾರು 3 ಅಥವಾ 4 Å. ಇದರಿಂದಾಗಿ, ಅಣುವಿನ ಉದ್ದವು ಅದರ ಅಗಲಕ್ಕಿಂತ ಹಲವು ಲಕ್ಷ ಸಲಗಳಷ್ಟು ಹೆಚ್ಚಾಗಿರುವುದು. ರೈಲು ಮಾರ್ಗಗಳಲ್ಲಿ ಉಪಯೋಗಿಸುವ ರೈಲು ಕಂಬಿಯು ಸುಮಾರು 10 ಸೆಂ.ಮೀ. ಅಷ್ಟು ದಪ್ಪವಾಗಿರುವುದರಿಂದ, ಉದ್ದಕ್ಕೂ ಮಂದಕ್ಕೂ ಇರುವ ಅನುಪಾತವು ಅಣುವಿನಲ್ಲಿರುವಷ್ಟೇ ಎಂದು ಇಟ್ಟುಕೊಂಡರೆ, ಕಂಬಿಯು 10 ಕಿ.ಮೀ. ಉದ್ದವಿರಬೇಕಾಗುವುದು.

ಇದರಿಂದ ಸಣ್ಣ ಉದ್ದದ ಪಾಲಿಮರ್ ಅಣುಗಳು ಇಲ್ಲವೆಂದು ಹೇಳಿದ ಹಾಗಾಗಲಿಲ್ಲ. ವಿಶಿಷ್ಟ ಕಾರ್ಯಕ್ರಮಗಳನ್ನು ತೆಗೆದುಕೊಳ್ಳದಿದ್ದರೆ, ಒಂದು ಪಾಲಿಮರ್ ಪದಾರ್ಥದಲ್ಲಿ ಹಲವು ಗುಂಪುಗಳನ್ನೊಳಗೊಂಡವುಗಳಿಂದ ಹಿಡಿದು ಸಾವಿರಾರು ಗುಂಪುಗಳನ್ನೊಳಗೊಂಡಿರುವ ಬೇರೆ ಬೇರೆ ಉದ್ದವಿರುವ ಅಣುಗಳು ಸಿಕ್ಕುತ್ತವೆ.

ಒಂದು ಉದ್ದ ಸರಪಣಿಯ ಅಣುವನ್ನು ಒಂದು ರೈಲು ಕಂಬಿಗೆ ಹೋಲಿಸಿದೆವು. ಬೇರೆ ದೃಷ್ಟಿಯಲ್ಲಿ ಇದು ಬಹಳ ಯುಕ್ತವಾದ ಹೋಲಿಕೆ ಅಲ್ಲ. ಕಂಬಿಯನ್ನು ಬಗ್ಗಿಸಲಾಗುವುದಿಲ್ಲ, ಅಣುವನ್ನಾದರೋ ಸುಲಭವಾಗಿ ಬಗ್ಗಿಸಬಹುದು. ಒಂದು ದೀರ್ಘ ಅಣುವಿನ ನಮ್ಯತ್ವವು ಒಂದು ಮರದ ತೆಳುಕೋಲಿನಂತೆ ಅಲ್ಲ. ಅಣುವು ತನ್ನ ನಮ್ಯತ್ವವನ್ನು ಹೊಂದಿರುವುದು ಎಲ್ಲಾ ಅಣುಗಳೂ ಹೊಂದಿರುವ ಒಂದು ಸಾಮರ್ಥ್ಯದ ಕಾರಣದಿಂದಾಗಿ : ಅಣುವಿನ ಒಂದು ಭಾಗ ಮತ್ತೊಂದು ಭಾಗದೊಡನೆ ಒಂಟಿ ಬಂಧನಗಳೆಂದು ರಸಾಯನ ವಿಜ್ಞಾನಿಗಳಿಂದ ಕರೆಯಲ್ಪಡುವ ಬಂಧನಗಳಿಂದ ಸೇರಿಸಲ್ಪಟ್ಟಿದ್ದರೆ ಒಂದು ಭಾಗವು ಮತ್ತೊಂದರ ಸುತ್ತಲೂ ತಿರುಗಬಲ್ಲುದು. ಪಾಲಿಮರ್ ಅಣುಗಳು ಈ ಗುಣದ ಫಲವಾಗಿ ವಿಚಿತ್ರ ರೀತಿಯ



**ಚಿತ್ರ 9.2**

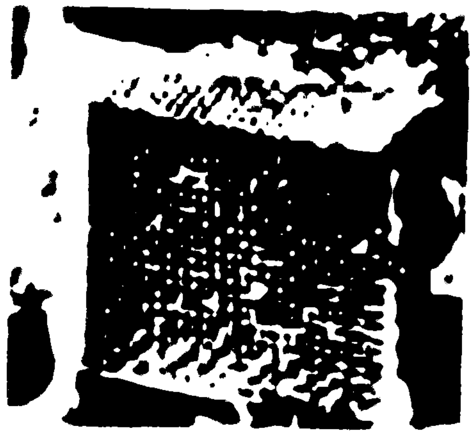
ಆಕಾರಗಳನ್ನು ತಾಳಬಹುದೆಂಬುದನ್ನು ಸುಲಭವಾಗಿ ಅರ್ಥಮಾಡಿಕೊಳ್ಳಬಹುದು. ಚಿತ್ರ 9.2ರಲ್ಲಿ ಒಂದು ನಮ್ಯವಾದ ಅಣುವಿನ ಮೂರು ಸ್ಥಾನಗಳ ನಮೂನೆಯನ್ನು ತೋರಿಸಿದೆ. ಅಣುವನ್ನು ಒಂದು ದ್ರಾವಣದಲ್ಲಿ ತೂಗುಹಾಕಿದ್ದರೆ, ಅದು ಸಾಮಾನ್ಯವಾಗಿ ಒಂದು ಚೆಂಡಿನ ಆಕಾರದಲ್ಲಿ ಸುರುಳಿ ಸುತ್ತಿಕೊಳ್ಳುವುದು.

ಒಂದು ರಬ್ಬರ್ ಪಟ್ಟಿಯನ್ನು ಎಳೆಯುವುದು ಅದರ ಅಣುಗಳ ಸುರುಳಿಸಿಂಬಿಗಳನ್ನು ಬಿಚ್ಚುವುದೇ ಆಗಿರುವುದು. ಹೀಗಾಗಿ, ಪಾಲಿಮರ್‌ಗಳ ನಮ್ಯತ್ವವು ಲೋಹಗಳ ನಮ್ಯತ್ವಕ್ಕೆ ಪೂರ್ಣವಾಗಿ ಬೇರೆಯ ರೀತಿಯದೇ ಆಗಿರುವುದು. ಹಿಗ್ಗಿಸಲ್ಪಟ್ಟಿರುವ ಪಟ್ಟಿಯನ್ನು ಬಿಟ್ಟುಬಿಟ್ಟರೆ, ಅದು ತನ್ನ ಹಿಂದಿನ ಉದ್ದಕ್ಕೆ ಸಂಕೋಚ

ಗೊಳ್ಳುವುದು. ಆದ್ದರಿಂದ, ಅಣುವು ಒಗ್ಗಿಸಿದ ರೇಖೀಯ ರೂಪದಿಂದ ಸುರುಳಿ ಸಿಂಬಿಯ ರೂಪಕ್ಕೆ ಹೋಗಲು ಯತ್ನಿಸುವುದು. ಏಕೆ ಹೀಗಾಗುವುದು ? ಇದಕ್ಕೆ ಎರಡು ಕಾರಣಗಳಿರಬಹುದು. ಮೊದಲಿಗೆ, ಶಕ್ತಿಯ ಸಂಬಂಧದ ವಿಚಾರಗಳಿಂದ ಸುರುಳಿಸಿಂಬಿ ಆಕಾರವು ಹೆಚ್ಚು ಪ್ರಯೋಜನಕಾರಿಯಾದುದೆಂದು ನಾವು ಭಾವಿಸಬಹುದು. ಎರಡನೆಯದಾಗಿ, ಸುರುಳಿ ಸುತ್ತುವುದರಿಂದ ಜಡೋಷ್ಣ ಹೆಚ್ಚುತ್ತದೆ ಎಂದೂ ಭಾವಿಸಬಹುದು. ಹಾಗಾದರೆ ಉಷ್ಣಬಲಕ್ರಿಯಾಶಾಸ್ತ್ರದ ಯಾವ ನಿಯಮವು ಈ ವರ್ತನೆಯನ್ನು ನಿಯಂತ್ರಿಸುತ್ತದೆ : ಮೊದಲನೆಯದೋ, ಅಥವಾ ಎರಡನೆಯದೋ ? ಎರಡೂ ಎಂದು ಸ್ಪಷ್ಟ. ಆದರೆ ಸುರುಳಿ ಸುತ್ತಿದ ಆಕಾರವು ಜಡೋಷ್ಣದ ದೃಷ್ಟಿಯಿಂದಲೂ ಹೆಚ್ಚು ಪ್ರಯೋಜನಕಾರಿಯಾದುದು ಎಂಬುದರಲ್ಲಿ ಸಂದೇಹವಿಲ್ಲ. ಸ್ಪಷ್ಟವಾಗಿಯೇ ಇರುವಂತೆ, ಅಣುಗಳ ಪರಮಾಣುಗಳ ನಿರಂತರ ಸಾಲು ಚೆಂಡಿನ ರೂಪದಲ್ಲಿ ಸುರುಳಿ ಸುತ್ತಿಕೊಂಡಿರುವಾಗ, ಅವು ಒಂದು ಸರಳರೇಖೆಯಲ್ಲಿ ಹರಡಿರುವಾಗಿರುವುದಕ್ಕಿಂತಲೂ ಹೆಚ್ಚಿನ ಅವ್ಯವಸ್ಥಿತ ಸ್ಥಿತಿಯಲ್ಲಿರುವುದು. ಅವ್ಯವಸ್ಥೆ ಮತ್ತು ಜಡೋಷ್ಣ, ಇವೆರಡಕ್ಕೂ ನಿಕಟ ಸಂಬಂಧವಿದೆಯೆಂದು ನಮಗೆ ಗೊತ್ತೇ ಇದೆ.

## ಗೋಳಾಕಾರದ ಹರಳುಗಳು

ಅನೇಕ ಅಣುಗಳು ಬಿಗಿಸುತ್ತಿರುವ ಸುರುಳಿಯಾಗಿ ಸುತ್ತಿಕೊಳ್ಳಬಲ್ಲವು – ಇವುಗಳನ್ನು ಗುಳಿಗೆ ಎಂದೂ ಕರೆಯುವುದುಂಟು. ಬಹಳ ಅಚ್ಚುಕಟ್ಟಾದ ಮತ್ತು ಒಂದೇ ವಿಧದ ಗುಳಿಗೆಗಳು ಒಂದು ಪ್ರೋಟೀನ್ ಅಣುವನ್ನು ರಚಿಸುತ್ತವೆ. ಇದಕ್ಕೆ ಬಹಳ ಸೂಕ್ಷ್ಮವಾದ ಕಾರಣವೊಂದಿದೆ. ವಾಸ್ತವವಾಗಿ, ಒಂದು ಪ್ರೋಟೀನಿನ ಅಣುವು ನೀರನ್ನು "ಇಷ್ಟಪಡುವ" ಕೆಲವು ಭಾಗಗಳನ್ನೂ ಮತ್ತು ನೀರಿಗೆ ದ್ವೇಷ ತೋರಿಸುವ ಭಾಗಗಳನ್ನೂ ಹೊಂದಿರುತ್ತವೆ. ನೀರನ್ನು "ಇಷ್ಟ" ಪಡುವ ಇರುವ ಭಾಗಗಳನ್ನು ಜಲದ್ವೇಷಿ ಎನ್ನುತ್ತಾರೆ. ಪ್ರೋಟೀನ್ ಅಣುಗಳು ಸುರುಳಿ ಸುತ್ತಿಕೊಳ್ಳುವುದನ್ನು ನಿಯಂತ್ರಿಸುವುದು ಒಂದೇ ಒಂದು ಪ್ರವರ್ತಿ : ಎಲ್ಲಾ ಜಲದ್ವೇಷಿ



**ಚಿತ್ರ 9.3**

ಭಾಗಗಳನ್ನೂ ಗುಳಿಗೆಯೊಳಗಡೆ ಬಚ್ಚಿಡಬೇಕು. ಈ ಕಾರಣದಿಂದಲೇ ಪ್ರೊಟೀನಿನ ದ್ರಾವಣದಲ್ಲಿನ ಗುಳಿಗೆಗಳು ಅವಳಿಜವಳಿ ಮಕ್ಕಳಂತೆ ಒಂದನ್ನೊಂದು ಹೋಲುತ್ತವೆ.

ಪ್ರೊಟೀನಿನ ಗುಳಿಗೆಗಳು ಹೆಚ್ಚು ಕಡಿಮೆ ಗೋಳಾಕಾರದಲ್ಲಿರುತ್ತವೆ. ಒಂದು ಗುಳಿಗೆಯ ಪರಿಮಾಣವು 100 ರಿಂದ 300 Å ವರೆಗೂ ಇರುವುದು. ಇದರಿಂದ ಅದನ್ನು ಒಂದು ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್ ಸೂಕ್ಷ್ಮದರ್ಶಕದಲ್ಲಿ ಸುಲಭವಾಗಿ ಕಾಣಬಹುದು. ಗೋಳಾಕಾರದ ಹರಳುಗಳ ಮೊಟ್ಟಮೊದಲಿನ ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್ ಸೂಕ್ಷ್ಮದರ್ಶಕದ ಚಿತ್ರಗಳನ್ನು ಹಲವು ದಶಕಗಳ ಹಿಂದೆ ಪಡೆಯಲಾಯ್ತು. ಆಗ ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್ ಸೂಕ್ಷ್ಮದರ್ಶಕದ ಪ್ರಯೋಗ ತಂತ್ರಗಳು ಈಗಿರುವುದಕ್ಕಿಂತ ಕಡಿಮೆ ಅಭಿವೃದ್ಧಿ ಸ್ಥಿತಿಯಲ್ಲಿ ಇದ್ದುವು. ಹೊಗೆಸೊಪ್ಪಿನ ಮೊಸೈಕ್ ವೈರಸ್ ಎಂಬ ಸಾಂಕ್ರಾಮಿಕ ಕಣದ ಫೋಟೊವನ್ನು ಚಿತ್ರ 9.3ರಲ್ಲಿ ತೋರಿಸಿದೆ. ವೈರಸ್ ಎಂಬುದು ಪ್ರೊಟೀನಿಗಿಂತ ಹೆಚ್ಚು ಜಟಿಲವಾದುದು, ಆದರೂ ಜೀವ ವಿಜ್ಞಾನದ ಗುಳಿಗೆಗಳು ಬಹು ಹೆಚ್ಚು ಮಟ್ಟದ ಕ್ರಮಬದ್ಧ ಸ್ಥಿತಿಗೆ ಒಲುವ ಪ್ರವರ್ತಿಯನ್ನು ಮನಗಾಣಿಸುವುದಕ್ಕೆ ಇದು ಯುಕ್ತವಾಗಿದೆ.

ಆದರೆ ಒಂದು ಪ್ರೊಟೀನ್ ಹರಳಿನ ಸೂಕ್ಷ್ಮದರ್ಶಕದ ಚಿತ್ರವನ್ನೇ ಏಕೆ ಗ್ರಂಥಕರ್ತರು ಒದಗಿಸಲಿಲ್ಲ? ಉತ್ತರ ಬಹಳ ಸರಳವಾದದ್ದು. ಪ್ರೊಟೀನ್ ಹರಳುಗಳು

ಸಂಪೂರ್ಣವಾಗಿ ಅಸಾಧಾರಣವಾದವು. ಅವು ಅಗಾಧವಾದ ಮೊತ್ತದ ನೀರನ್ನು ಹೊಂದಿವೆ (ಕೆಲವು ವೇಳೆ ಶೇಕಡಾ 90ರಷ್ಟು). ಈ ಕಾರಣದಿಂದ ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್ ಸೂಕ್ಷ್ಮದರ್ಶಕದಲ್ಲಿ ಅವುಗಳ ಫೋಟೋ ತೆಗೆಯಲಾಗುವುದಿಲ್ಲ. ಪ್ರೊಟೀನ್ ಹರಳು ಗಳನ್ನು ದ್ರಾವಣದಲ್ಲಿಟ್ಟ ಪ್ರಯೋಗಗಳಿಂದಲೇ ಸಂಶೋಧನೆಗಳಿಗೆ ಗುರಿಪಡಿಸ ಬಹುದು. ಒಂದು ಸಣ್ಣ ಗಾಜಿನ ಬುಡ್ಡಿಯಲ್ಲಿ ದ್ರಾವಣವೂ ಮತ್ತು ಪ್ರೊಟೀನಿನ ಒಂದು ಒಂಟಿ ಹರಳೂ ಇವೆ. ಈ ವಸ್ತುವನ್ನು ನಾವು ಮತ್ತೆ ಮತ್ತೆ ಸೂಚಿಸಿರುವ ಕ್ಷ-ಕಿರಣದಿಂದ ರಚನಾ ವಿಶ್ಲೇಷಣವನ್ನೂ ಸೇರಿಸಿಕೊಂಡು ಎಲ್ಲಾ ಹಸ್ತಗತವಾದ ಭೌತಿಕ ವಿಧಾನಗಳಿಂದಲೂ ಪರಿಶೀಲಿಸಬಹುದು.

ಇಷ್ಟು ಅಗಾಧ ಮೊತ್ತದ ನೀರು – ಸಾಧಾರಣವಾದ ನೀರು, ಕೊಳಾಯಿ ನೀರಿಗಿಂತ ಬೇರೆಯಾದುದಲ್ಲ – ಇದ್ದರೂ, ಗೋಳಾಕಾರದ ಪ್ರೊಟೀನಿನ ಅಣುಗಳು ನಿಷ್ಕೃಷ್ಟವಾದ ಕ್ರಮವನ್ನನುಸರಿಸಿ ವ್ಯವಸ್ಥಿತವಾಗಿವೆ. ಹರಳಿನ ಅಕ್ಷಕ್ಕೆ ಸಂಬಂಧಿಸಿ ದಂತೆ ಅವುಗಳ ಸ್ಥಾನವಿನ್ಯಾಸವು ಎಲ್ಲಾ ಅಣುಗಳಲ್ಲಿಯೂ ಒಂದೇ ಆಗಿರುವುದು. ಅಣುಗಳು ಒಂದೇ ವಿಧವಾದುವು ಎಂಬುದನ್ನು ಆಗಲೇ ತಿಳಿಸಿದ್ದೇವೆ. ಈ ಉಚ್ಚ ಮಟ್ಟದ ಅನುಕ್ರಮವು ಪ್ರೊಟೀನ್ ಅಣುವಿನ ರಚನೆಯನ್ನು ಕಂಡುಹಿಡಿಯುವುದಕ್ಕೆ ಅವಕಾಶ ಕಲ್ಪಿಸುವುದು. ಇದು ಸುಲಭವಾದ ಕಾರ್ಯಭಾರವೇನೂ ಅಲ್ಲ ಮತ್ತು ಹೇಮೊಗ್ಲಾಬಿನ್ ಮತ್ತು ಮ್ಯಯೊಗ್ಲಾಬಿನ್ ಇವುಗಳ ರಚನೆಯನ್ನು ಮೊದಲಿಗೆ ಕಂಡುಹಿಡಿದ ಮ್ಯಾಕ್ಸ್ ಫರ್ಡಿನೆಂಡ್ ಪೆರೂಟ್ಜ್ (ಜನನ 1914) ಮತ್ತು ಜಾನ್ ಕೌಡರಿ ಕೆಂಡ್ರ್ಯೂ (ಜನನ 1917) ಎಂಬ ಸಂಶೋಧಕರಿಗೆ ಅವರ ಸಂಶೋಧನೆ ಗಾಗಿ ನೋಬಲ್ ಪಾರಿತೋಷಕವನ್ನು ನೀಡಲಾಯಿತು.

ಇಂದಿಗೆ ಸುಮಾರು ನೂರು ಪ್ರೊಟೀನ್ ಅಣುಗಳ ರಚನೆಯು ಗೊತ್ತಾಗಿದೆ. ಈ ಕ್ಷೇತ್ರದಲ್ಲಿ ಪರಿಶೋಧನೆಗಳು ಮುಂದುವರಿಯುತ್ತಲೇ ಇವೆ. ಒಂದು ಜೀವಂತ ಶರೀರದಲ್ಲಿ ಸುಮಾರು ಹತ್ತು ಸಾವಿರ ಬೇರೆ ಬೇರೆ ಪ್ರೊಟೀನುಗಳು ಇರುತ್ತವೆ. ಜೀವಂತ ಶರೀರದ ಕಾರ್ಯಚಟುವಟಿಕೆಯು ಪ್ರೊಟೀನುಗಳು ಸುರುಳಿ ಸುತ್ತಿಕೊಂಡಿರುವ ರೀತಿ ಮತ್ತು ಬೇರೆ ಬೇರೆಯಾದ ಅಮಿನೋ ಆಮ್ಲ ಮೂಲಘಟಕಗಳು ಅಣುವಿನಲ್ಲಿ ಒಂದನ್ನೊಂದು ಹಿಂಬಾಲಿಸುವ ಕ್ರಮ – ಇವುಗಳನ್ನವಲಂಬಿಸಿರುತ್ತದೆ.

ಜೀವದ ಕಾರ್ಯವಿಧಾನಗಳನ್ನು ನಿಯಂತ್ರಿಸುವ ಹತ್ತು ಸಾವಿರ ಜಾತಿ ಅಣುಗಳ ವಿವರಗಳೆಲ್ಲಾ ಸಂಪೂರ್ಣವಾಗಿ ಸ್ಪಷ್ಟವಾಗುವವರೆಗೂ ಪ್ರೋಟೀನ್ ಅಣುಗಳ ರಚನೆಗೆ ಸಂಬಂಧಿಸಿದ ಪರಿಶೋಧನೆಯು ಮುಂದುವರಿಯುವುದೆಂಬುದರಲ್ಲಿ ಸಂದೇಹವಿಲ್ಲ.

## ಅಣುಗಳ ಕಟ್ಟುಗಳು

ಅಣುಗಳನ್ನು ಸಾಧ್ಯವಾಗುವಷ್ಟರವರೆಗೂ ಒಗ್ಗಿಸಿದರೆ, ಅವುಗಳನ್ನೊಳಗೊಂಡ ಗಟ್ಟಿ ಪಾಲಿಮರ್ ಪದಾರ್ಥಗಳು ವಿಧವಿಧವಾದವೂ ತೊಡಕಾದುವೂ ಆದರೆ ಎಲ್ಲಕ್ಕೂ ಸಾಮಾನ್ಯವಾಗಿರುವ ಒಂದು ಗುಣವುಳ್ಳ ರಚನೆಗಳನ್ನು ಪಡೆದಿರಬಹುದು. ಗಟ್ಟಿ ಕಾಯದಲ್ಲಿ ಕೈಯಲ್ಲಿ ಹಿಡಿದಿರುವ ಸೀಸದಕಡ್ಡಿಗಳ ಕಟ್ಟಿನಂತೆ ಅಣುಗಳು ಒಂದರ ಪಕ್ಕದಲ್ಲಿ ಒಂದು ಸೇರಿರುವ ಪ್ರದೇಶಗಳು ಹೆಚ್ಚು ಅಥವಾ ಕಡಿಮೆ ಸಂಖ್ಯೆಯಲ್ಲಿರುತ್ತವೆ.

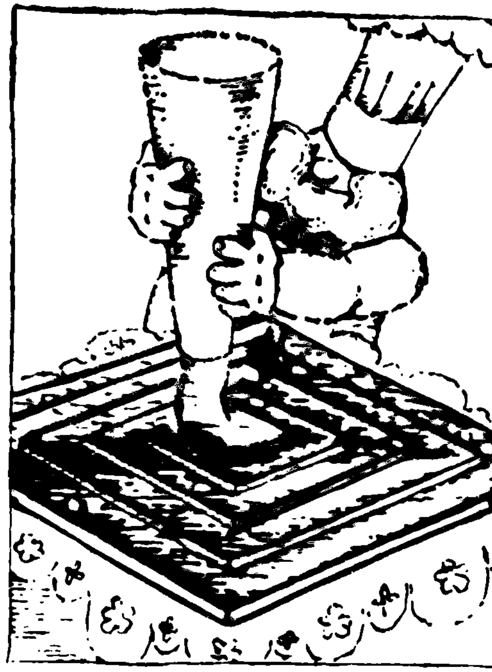
ಕಾಯದಲ್ಲಿರುವ ಕಟ್ಟಿನಂತಹ ಪ್ರದೇಶಗಳ ಪ್ರತಿಶತ ಸಂಖ್ಯೆ ಮತ್ತು ಇಂತಹ ಪ್ರತಿ ಒಂದು ಪ್ರದೇಶದಲ್ಲಿ ಅಣುಗಳು ಎಷ್ಟು ಚೊಕ್ಕಟವಾಗಿ ಜೋಡಿಸಲ್ಪಟ್ಟಿವೆ ಇವುಗಳನ್ನವಲಂಬಿಸಿ, ಪಾಲಿಮರ್ "ಹರಳು ಸ್ಥಿತಿಯ ಒಂದು ಮಟ್ಟ"ವನ್ನು ಪಡೆದಿರುತ್ತದೆ. ಅನೇಕ ಪಾಲಿಮರ್‌ಗಳು ಅಸ್ಫಟಿಕೀಯ ಅಥವಾ ಸ್ಫಟಿಕೀಯ ಘನ ಪದಾರ್ಥಗಳು ಎಂಬ ವಿಂಗಡಿಕೆಗೆ ಸರಿಹೊಂದುವುದಿಲ್ಲ. ಇದರಲ್ಲಿ ವಿಲಕ್ಷಣವಾದುದು ಏನೂ ಇಲ್ಲ, ಏಕೆಂದರೆ ನಾವು ವ್ಯವಹರಿಸುತ್ತಿರುವುದು ಬೇರೆ ಬೇರೆ ಜಾತಿಯ ದೈತ್ಯ ಅಣುಗಳೊಡನೆ. ಪಾಲಿಮರ್‌ಗಳಲ್ಲಿ ಅನುಕ್ರಮವಿರುವ ಪ್ರದೇಶಗಳನ್ನು ಸ್ಥೂಲವಾಗಿ ಮೂರು ವರ್ಗಗಳಾಗಿ ವಿಂಗಡಿಸಬಹುದು : ಕಟ್ಟುಗಳು, ಗೋಳಕಗಳು ಮತ್ತು ಮಡಿಸಿಕೊಳ್ಳುವ ಅಣುಗಳ ಹರಳುಗಳು.

ಒಂದು ಪಾಲಿಮರ್‌ನ ಆದರ್ಶರೂಪದ ಒಂದು ಸೂಕ್ಷ್ಮ ಸಂರಚನೆಯನ್ನು ಚಿತ್ರ 9.4ರಲ್ಲಿ ತೋರಿಸಿದೆ. ಈ ಛಾಯಾ ಚಿತ್ರವನ್ನು 400 ಸಲಗಳಷ್ಟು ಹೆಚ್ಚು ಪರಿಮಾಣಕ್ಕೆ ದೊಡ್ಡದು ಮಾಡಿದೆ ಮತ್ತು ಪಾಲಿಪ್ರೊಪಿಲೀನಿನ ಒಂದು ಪೊರೆಯಿಂದ ತಯಾರಿಸಲಾಗಿದೆ. ನಕ್ಷತ್ರರೂಪದ ಆಕೃತಿಗಳು ಹರಳಿನ ಅಣುಗಳ ಜಾತಿಯವು. ಗೋಳಕದ ಬೆಳವಣಿಗೆಯು ಪಾಲಿಮರನ್ನು ತಂಪಾಗಿಸುವಾಗ,



ಚಿತ್ರ 9.4

ನಕ್ಷತ್ರದ ಕೇಂದ್ರದಿಂದ ಆರಂಭವಾಯ್ತು. ಆಗ ಗೋಳಕಗಳು ಸಂಧಿಸಿ ಪರಸ್ಪರ ಬೆಳವಣಿಗೆಯನ್ನು ಆತಂಕಪಡಿಸಿದವು. ಇದರಿಂದಾಗಿ, ಅವುಗಳು ಸಂಪೂರ್ಣ ಗೋಳಾಕಾರವನ್ನು ಪಡೆಯಲಿಲ್ಲ (ಒಂದೇ ಒಂದು ಗೋಳಕದ ಬೆಳವಣಿಗೆಯನ್ನು ನೀವು ವೀಕ್ಷಿಸುವುದರಲ್ಲಿ ಜಯಶೀಲರಾದರೆ, ನೀವು ನಿಜದಲ್ಲಿಯೂ ಒಂದು ಗೋಳವನ್ನು ನೋಡುವಿರಿಯಾದ್ದರಿಂದ ಈ ಹೆಸರು ಯುಕ್ತವಾಗಿಯೇ ಇರುವುದು). ಗೋಳಕದ ಒಳಗಡೆ, ಉದ್ದವಾದ ಅಣುಗಳು ಸಾಕಷ್ಟು ಒಪ್ಪವಾಗಿ ವಿನ್ಯಾಸಪಟ್ಟಿರುತ್ತವೆ. ಪ್ರಾಯಶಃ ಗೋಳಕವನ್ನು ಅಚ್ಚುಕಟ್ಟಾಗಿ ಸುರುಳಿಸುತ್ತಿರುವ ಹಗ್ಗವೆಂದು ಭಾವಿಸಬಹುದು. ಹಗ್ಗವು ಅಣುಗಳ ಒಂದು ಕಟ್ಟನ್ನು ಬಿಂಬಿಸುತ್ತದೆ. ಹೀಗಾಗಿ ಅಣುಗಳ ಉದ್ದ ಅಕ್ಷವು ಗೋಳಕದ ಒಂದು ತ್ರಿಜ್ಯಕ್ಕೆ ಲಂಬವಾಗಿರುತ್ತದೆ. ಅದೇ ಛಾಯಾ ಚಿತ್ರದಲ್ಲಿ ನಾವು ಪದರ ಪದರವಾಗಿರುವ ಪ್ರದೇಶಗಳನ್ನೂ ಕಾಣುತ್ತೇವೆ. ಇವುಗಳು ಅಣುಗಳ ಕಟ್ಟುಗಳಿಂದಾಗಿರಬಹುದು ಅಥವಾ ಅವು ಮಡಿಸುವ ಅಣುಗಳ ಹರಳುಗಳಾಗಿರಬಹುದು. ಇಂತಹ ಹರಳುಗಳಿರುವುದು ಎಂಬುದು ಪಾಲಿಮರ್‌ಗಳ



ಚಿತ್ರ 9.5

ಸಂರಚನೆಗೆ ಸಂಬಂಧಿಸಿದ ವಿಷಯಗಳಲ್ಲಿ ಒಂದು ಅತ್ಯಂತ ಕುತೂಹಲಕರವೂ ಮತ್ತು ಸಂಪೂರ್ಣವಾಗಿ ಪ್ರಮಾಣಭೂತವಾದುದೂ ಆದ ವಿಷಯವಾಗಿದೆ.

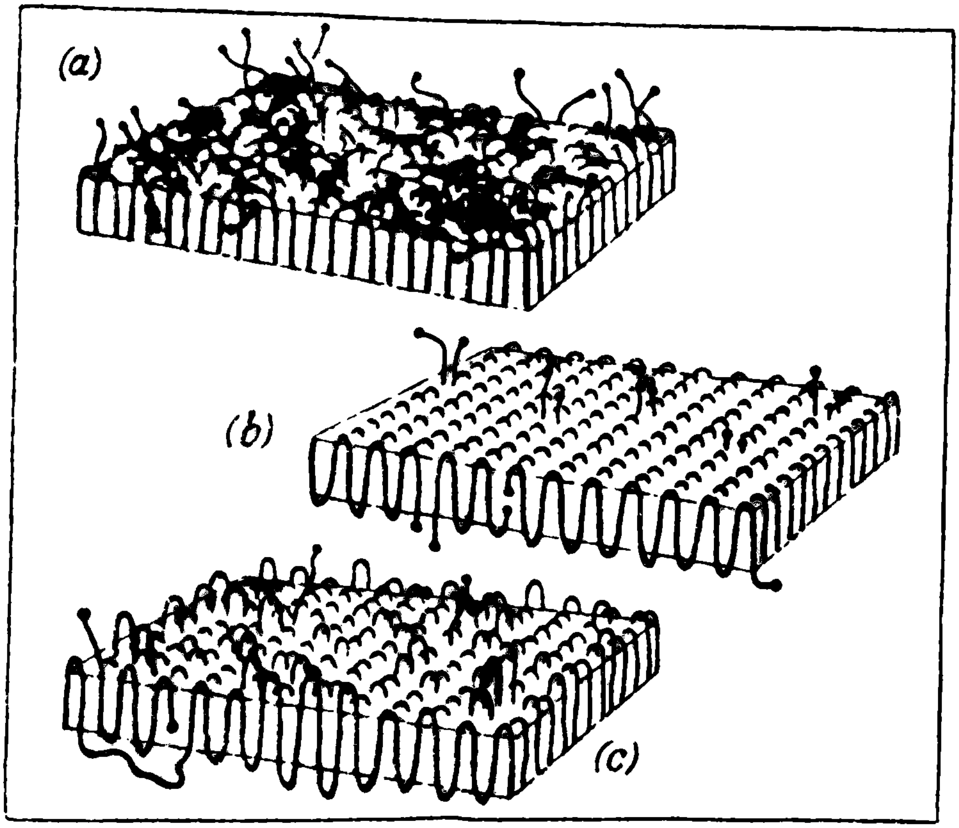
ಈ ಮುಂದಿನ ಮುಖ್ಯ ವಿಷಯವನ್ನು ಇಪ್ಪತ್ತು ವರ್ಷಗಳ ಹಿಂದೆ ಕಂಡು ಹಿಡಿಯಲಾಯ್ತು. ಬೇರೆ ಬೇರೆ ಪಾಲಿಮರ್ ಪದಾರ್ಥಗಳ ಸಣ್ಣ ಹರಳುಗಳನ್ನು ದ್ರಾವಣಗಳಿಂದ ಬೇರ್ಪಡಿಸಿ ತೆಗೆಯಲಾಯ್ತು. ಸಂಶೋಧಕರಿಗೆ ಕಂಡುಬಂದ ಆಶ್ಚರ್ಯಕರವಾದ ಸಂಗತಿಯೇನೆಂದರೆ ಬೇರೆ ಬೇರೆ ಪ್ಯಾರಫಿನ್ನುಗಳ ದ್ರಾವಣ ಗಳಿಂದ ಮರಸುತ್ತು ಮೆಟ್ಟಿಲು ಸಾಲನ್ನು ಹೋಲುವ ಮೋಲ್ಡ್ ಇರುವ ಒಂದೇ ಜಾತಿಯ ಹರಳುಗಳು ಬೆಳೆಯುತ್ತವೆ. ಒಬ್ಬ ನಿಪುಣನಾದ ಪಿಷ್ಟಭಕ್ಷ್ಯಗಳನ್ನು ತಯಾರಿಸುವವನಿಂದ ತಯಾರಿಸಿದಂತೆ ಕಾಣುವ ಹರಳುಗಳ ಸುರಳಿ ಬೆಳವಣಿಗೆಗೆ ಕಾರಣವೇನು ? (ಚಿತ್ರ 9.5)

ಪುಟ 157–158ರಲ್ಲಿ ನಾವು ಹರಳುಗಳ ಬೆಳವಣಿಗೆಯನ್ನು ಚರ್ಚಿಸಿದಾಗ, ಒಂದು ಮುಖ್ಯ ಸಂಗತಿಯನ್ನು ಸೂಚಿಸದೆ ಬಿಟ್ಟಿದ್ದೇವೆ. ಒಂದು ಹರಳಿನ ಬೆಳೆಯು ತ್ತಿರುವ ಒಂದು ಸಮತಲವು (ಮುಖ) ಪರಮಾಣುಗಳಿಂದ ಪೂರ್ತಿಯಾಗಿ ತುಂಬಿದೆ

ಎಂದು ಭಾವಿಸಿ. ಹೊಸ ಪರಮಾಣುಗಳನ್ನು ಸಾಕಷ್ಟು ಬಲದಿಂದ ಆಕರ್ಷಿಸುವ ಸ್ಥಾನಗಳು ಯಾವುವೂ ಉಳಿದಿಲ್ಲ. ಪರಿಸ್ಥಿತಿ ಹೀಗಿರುವಲ್ಲಿ, ಬೆಳವಣಿಗೆಯ ವೇಗವು ನಾವು ವಾಸ್ತವವಾಗಿ ಕಾಣುವುದಕ್ಕಿಂತಲೂ ಅತಿ ಮಂದಗತಿಯಲ್ಲಿ ಸಾಗಬೇಕೆಂದು ಗಣನೆ ಮೂಲಕ ವ್ಯಕ್ತಪಡುವುದು. ತತ್ವನಿರೂಪಣೆಗೂ ಮತ್ತು ಆಚರಣೆಗೂ ಇರುವ ಈ ಅಸಮಂಜಸತೆಯನ್ನು ಅಂತ್ಯದಲ್ಲಿ ಪರಿಹರಿಸಲಾಯ್ತು : ಬೆಳೆಯುತ್ತಿರುವ ಹರಳಿನಲ್ಲಿ ತಿರುವು ಸ್ಥಾನಭ್ರಂಶಗಳಿದ್ದಾಗ ಹರಳುಗಳ ಇಷ್ಟು ತೀವ್ರಗತಿಯ ಬೆಳವಣಿಗೆ ಸಾಧ್ಯವೆಂದು ತಿಳಿದುಬಂದಿತು. ತಿರುವು ಸ್ಥಾನಭ್ರಂಶ ಒಂದಿದ್ದರೆ, ಮುಖಗಳು ಹೇಗೆ ಬೆಳೆಯುವುವೆಂದರೆ, ಹೊಸ ಪರಮಾಣುಗಳನ್ನು ಸುಲಭವಾಗಿ ಸೇರಿಸಲಾಗುವ ಕಾರ್ಯಕ್ರಮಗಳು. ಹರಳಿನ ಅಂಚಿನವರೆಗೆ ಬೆಳೆಯುವುದೇ ಇಲ್ಲ, ಅಲ್ಲಿ ಅವು ಕಣ್ಮರೆಯಾಗುತ್ತವೆ. ತಿರುವು ಸ್ಥಾನಭ್ರಂಶಗಳು ಭೌತವಿಜ್ಞಾನಿಗಳನ್ನು ಅವರ ಇಕ್ಕಟ್ಟು ಪರಿಸ್ಥಿತಿಯಿಂದ ಬಿಡುಗಡೆಮಾಡಿ ಅವರಿಗೆ ನೆಮ್ಮದಿಯುಂಟುಮಾಡಿದವು. ಬೆಳವಣಿಗೆಯ ವೇಗಗಳೂ, ಹಾಗೂ ಪ್ಯಾರಫಿನ್ನಿಗೆ ಮೇಲೆ ಸೂಚಿಸಲಾದ ಮರಸುತ್ತು ಮೆಟ್ಟಿಲ ಸಾಲಿರುವ ವೈಶಿಷ್ಟ್ಯವೂ ಸ್ಪಷ್ಟವಾದವು. ಇಂತಹ ಸುರುಳಿ ಗೋಪುರಾಕೃತಿಗಳನ್ನು ಬಹಳ ಸಂದರ್ಭಗಳಲ್ಲಿ ಕಾಣುತ್ತೇವೆ, ಮತ್ತು ಅವುಗಳ ಇರುವಿಕೆ ವಿಲಕ್ಷಣ ವಿಷಯವೇನೂ ಅಲ್ಲ.

ವಿಲಕ್ಷಣ ವಿಷಯವಲ್ಲ ಅನ್ನುವುದು ಸಣ್ಣ ಅಣುಗಳಿಂದ ರಚಿತವಾದ ಹರಳುಗಳ ಬಗ್ಗೆ ಹೇಳುತ್ತಿರುವಾಗ ಮಾತ್ರ. ಇಂತಹ ಹರಳುಗಳಿಗೆ ಈ ವಿವರಣೆ ಅತ್ಯಂತ ಉಚಿತವಾಗಿರುವುದು : ಅಣುಗಳ ಪರಿಮಾಣಗಳು, ಮೆಟ್ಟಿಲುಗಳ ಎತ್ತರ ಮತ್ತು ಹರಳಿನ ದಪ್ಪ ಇವುಗಳೆಲ್ಲಾ ಒಂದಕ್ಕೊಂದು ವಿರುದ್ಧವಾಗಿಲ್ಲದ ದತ್ತಾಂಶಗಳು.

ಆದರೆ, ಹರಳಿನ ಬೆಳವಣಿಗೆಯ ಇಂತಹ ಚಿತ್ರವನ್ನು ಪಾಲಿಮರ್‌ನಲ್ಲಿ ಕಂಡರೆ, ಇದು ಮೊದಮೊದಲು ಭ್ರಾಂತಿಪಡಿಸುವುದು. ವಿಷಯವೇನೆಂದರೆ ಪಾಲಿಎಸ್ಟರಿನ ಪದರಗಳ ದಪ್ಪವು 100 ರಿಂದ 120 Å ಗಳವರೆಗೆ ಇರುವುದು. ಅಣುವಿನ ಉದ್ದವಾದರೋ 6000 Å ಆಗಿರುವುದು. ಈ ಸಂಖ್ಯೆಗಳ ಆಧಾರದ ಮೇಲೆ ನಾವು ಏನು ತೀರ್ಮಾನಕ್ಕೆ ಬರಬಹುದು ? ಇದಕ್ಕೆ ಸಮಂಜಸವಾದ ಒಂದೇ ಒಂದು ವಿವರಣೆ ಸಾಧ್ಯ : ಈ ಹರಳುಗಳಲ್ಲಿನ ಅಣುಗಳು ಮಡಿಚಿರುವುವು. ಈ ಹರಳು




**ಚಿತ್ರ 9.6**

ಗಳಲ್ಲಿ ಅಣುಗಳ ಸಮ್ಮಿತ್ವದಿಂದಾಗಿ ಅವುಗಳನ್ನು ಸುಲಭವಾಗಿ ಮಡಿಸಬಹುದು. ಚಿಂತಿಸಬೇಕಾದುದು ಉಳಿದಿರುವುದೇನೆಂದರೆ (ಇದು ಇಂದಿಗೂ ಉಳಿದೇ ಇರುವುದು) ಚಿತ್ರ 9.6ರಲ್ಲಿ ತೋರಿಸಿರುವ ಮೂರು ನಮೂನೆಗಳಲ್ಲಿ ಅತ್ಯಂತ ಉಪಯುಕ್ತವಾದುದನ್ನು ಆರಿಸುವುದು ಮಾತ್ರ. ಈ ನಮೂನೆಗಳ ಪರಸ್ಪರ ವ್ಯತ್ಯಾಸಗಳು ಅಪ್ರಧಾನವಾದುವು. ಆದರೂ, ಈ ಕ್ಷೇತ್ರದಲ್ಲಿ ಪ್ರವೀಣನಾಗಿರುವಾತನು ಇಂತಹ ಹೇಳಿಕೆಯನ್ನು ವಿರೋಧಿಸುವನು. "ಅವು ಅಪ್ರಧಾನವಾದವು ಎಂದು ಹೇಗೆ ಹೇಳುವಿರಿ ?" ಎಂಬುದಾಗಿ ಪ್ರತಿಭಟಿಸುವನು. "ಮೇಲಿನ ನಕ್ಷೆಯಲ್ಲಿ ಅಣುಗಳು ಸಿಕ್ಕಾಬಟ್ಟೆ,

ತಮ್ಮ ಸಮೀಪದ ನೆರೆಯಲ್ಲಿರುವುವುಗಳನ್ನು ಬಿಟ್ಟುಕೊಂಡು ಮಡಿಸಲ್ಪಟ್ಟಿವೆ; ಎರಡನೆಯ ನಮೂನೆಯಲ್ಲಿ ಅಣುಗಳು ತಾವೇ ತಮ್ಮ ನೆರೆಯವುಗಳಾಗಿವೆ. ಎರಡನೆಯ ಮತ್ತು ಮೂರನೆಯ ನಮೂನೆಗಳಿಗಿರುವ ವ್ಯತ್ಯಾಸವೇನೆಂದರೆ ಮಧ್ಯದ ನಕ್ಷೆಯಲ್ಲಿ ಹರಳಿನ ಮೇಲ್ಮೈಯು ಕೆಳಗಡೆಯದರಲ್ಲಿರುವುದಕ್ಕಿಂತ ಹೆಚ್ಚು ನಯವಾಗಿದೆ."

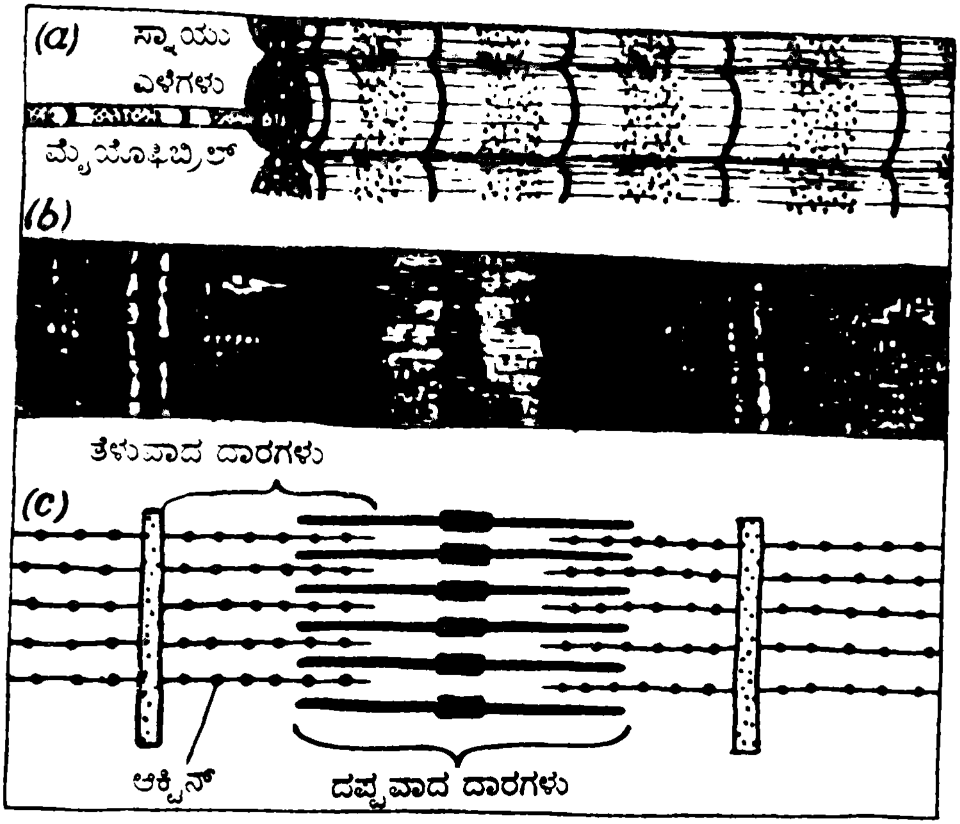
ಪ್ರವೀಣನು ಹೇಳುವುದು ಸರಿ : ಪಾಲಿಮರ್ ಅಣುಗಳನ್ನು ಒಟ್ಟುಗೂಡಿಸಿರುವ ರೀತಿ ಅಥವಾ ವಿನ್ಯಾಸವು ಅತಿ ಮುಖ್ಯವಾದ ವಿಷಯ ಮತ್ತು ಆ ಪದಾರ್ಥದ ಗುಣಗಳ ಮೇಲೆ ಅತ್ಯಂತ ಪರಿಣಾಮಕಾರಿಯಾಗಿರುವುದು. ಪಾಲಿಇಥಲೀನ್, ನೈಲಾನ್ ಮುಂತಾದ ಪದಾರ್ಥಗಳನ್ನು ಹಲವು ದಶಕಗಳ ಹಿಂದೆಯೇ ಸಂಯೋಜಿಸಲಾಗಿದ್ದರೂ, ಅವುಗಳ ಅಣುವಾತೀತ ರಚನೆಯ ಪರಿಶೀಲನೆಯನ್ನೂ ಮತ್ತು ಅಣುಗಳನ್ನು ಬೇರೆ ಬೇರೆ ರೀತಿಗಳಲ್ಲಿ ಒಟ್ಟುಗೂಡಿಸಿ ಜೋಡಿಸಲು ಬೇಕಾಗುವ ಕಾರ್ಯತಂತ್ರಗಳ ಪರಿಶೋಧನೆಯನ್ನೂ ಈ ಕ್ಷೇತ್ರದಲ್ಲಿ ಅನೇಕ ವೈಜ್ಞಾನಿಕರು ಇಂದಿಗೂ ಮುಂದುವರಿಸುತ್ತಿರುವರು.

## ಸ್ನಾಯುಗಳ ಸಂಕೋಚನ

ಒಂದು ಜೀವಕಣದಲ್ಲಿನ – ಅಥವಾ ಜೀವಂತ ಶರೀರಿಯಲ್ಲಿನ – ದೈತ್ಯ ಅಣುಗಳು ಹೇಗೆ ವರ್ತಿಸುವುವು ಎಂಬುದರ ಒಂದು ದೃಷ್ಟಾಂತವನ್ನು ಪರಿಶೀಲಿಸಿ ವಿಶಾಲ ಅಣುಗಳ ಸಂಬಂಧದ ನಮ್ಮ ಚರ್ಚೆಯನ್ನು ಮುಕ್ತಾಯ ಮಾಡುವೆವು.

ಜೀವ ವಿಜ್ಞಾನಿಗಳು ಜೀವಂತ ಶರೀರಿಗಳ – ಉದಾಹರಣೆಗೆ ಕೈ ಅಥವಾ ಒಂದು ಮರದ ಎಲೆ ಇವುಗಳ ಆಕಾರಗಳು ಅವುಗಳ ಸ್ವಾಭಾವಿಕ ಕ್ರಿಯೆಗೆ ಹೇಗೆ ಅನುರೂಪವಾಗಿರುವುವು ಎಂಬುದನ್ನು ವಿವರಿಸುವುದು ತಮ್ಮ ಕಾರ್ಯಭಾರವೆಂದು ಎಣಿಸಿದರು.

ಭೌತವಿಜ್ಞಾನಿಗಳು ಜೀವಂತ ಶರೀರಿಗಳಲ್ಲಿ ಸಂಭವಿಸುವ ಕಾರ್ಯಗತಿಗಳ ಪರಿಶೀಲನೆಗೆ ದ್ರವ್ಯದ ರಚನೆ ಮತ್ತು ಪ್ರಕೃತಿಯ ನಿಯಮ ಇವುಗಳ ಸಂಶೋಧನೆಯಲ್ಲಿ ಬಳಸಿದ ಪದ್ಧತಿಗಳನ್ನು ಉಪಯೋಗಿಸಬೇಕೆಂದು ನಿಶ್ಚಯಿಸಿ. ಜೀವವನ್ನು ಆಣವಿಕ ಮಟ್ಟದಲ್ಲಿ ಅರ್ಥಮಾಡಿಕೊಳ್ಳಲು ಪ್ರಯತ್ನಿಸುತ್ತಿರುವರು. ಅಂಗಾಂಶಗಳ ರಚನೆಯ ಪರಿಶೋಧನೆಯನ್ನು ಇಂದು ಹೆಚ್ಚು ಕೂಲಂಕಷವಾಗಿ ನೆರವೇರಿಸಬಹುದು.




**ಚಿತ್ರ 9.7**

ರಚನೆಯನ್ನು ನಿರ್ಧರಿಸಿದ ಮೇಲೆ (ಜೀವ ವಿಜ್ಞಾನಕ್ಕೆ ಸಂಬಂಧಿಸಿದ) ಜೈವಿಕ ವಿದ್ಯಮಾನಗಳ ಪೂವರಿ ಒಂದನ್ನು ರೂಪಗೊಳಿಸುವುದು ಸಾಧ್ಯವಾಗುವುದು.

ಈ ಕಾರ್ಯಕ್ರಮದಲ್ಲಿ ಒಂದು ಮುಖ್ಯವಾದ ಸಾಧನೆ ಏನೆಂದರೆ ಸ್ನಾಯುಗಳ ಸಂಕೋಚನೆಯ ವಿಷಯವಾಗಿ ಒಂದು ಸಿದ್ಧಾಂತದ ಪ್ರತಿಪಾದನೆಯಾಗಿರುವುದು. ಸ್ನಾಯುವಿನ ತಂತುವು ಎರಡು ವಿಧದ ದಾರಗಳಿಂದಾಗಿರುತ್ತದೆ : ತೆಳುವಾದವು ಮತ್ತು ದಪ್ಪವಾದವು (ಚಿತ್ರ 9.7*a*). ದಪ್ಪವಾಗಿರುವ ದಾರಗಳು ಮೈಯೋಸಿನ್ ಎಂಬ ಪ್ರೊಟೀನ್ ಅಣುಗಳಿಂದ ರಚಿತವಾಗಿವೆ. ಒಂದು ಮೈಯೋಸಿನ್ ಅಣುವು. ಒಂದು ಕೊನೆಗೆ ದಪ್ಪವಾಗಿರುವ ಒಂದು ಕೋಲಿನ ಆಕಾರವುಳ್ಳದ್ದಾಗಿದೆ ಎಂದು

ಭೌತವಿಜ್ಞಾನಿಗಳು ಸ್ಥಿರಪಡಿಸಿರುವರು. ದಪ್ಪ ದಾರದಲ್ಲಿ ಅಣುಗಳು ಮಧ್ಯ ಭಾಗದಲ್ಲಿನ ತಮ್ಮ ಮಂದಪಡಿಸಿರುವ ಹಿಂಭಾಗಗಳೊಡನೆ ಸೇರುತ್ತವೆ (ಚಿತ್ರ 9.7*c*) ತೆಳುವಾದ ದಾರಗಳು ಆಕ್ಟಿನ್ ಎಂಬುದರಿಂದಾಗಿದೆ, ಇದರ ರಚನೆಯು ಎರಡು ದಾರಗಳಿಂದ ಹೆಣೆದ ದ್ವಂದ್ವ ಕುಂಡಲಿನಿಯಾಗಿರುವ ಮಣಿಗಳ ಎರಡು ದಾರಗಳನ್ನು ಹೋಲುತ್ತದೆ. ಸ್ನಾಯುವಿನ ಸಂಕೋಚನೆಯು ದಪ್ಪ ದಾರಗಳು ಸಣ್ಣ ದಾರಗಳ ಕುಂಡಲಿನಿಗಳೊಳಕ್ಕೆ ಜಾರುವುದರಿಂದ ಆಗುವುದು.

ಈ ಕ್ರಿಯಾ ವಿಧಾನದ ವಿವರಗಳು ಸ್ಪಷ್ಟಪಟ್ಟಿವೆ, ಆದರೆ ಅವುಗಳನ್ನು ಇಲ್ಲಿ ಚರ್ಚಿಸುವುದು ಸಾಧ್ಯವಿಲ್ಲ. ಸ್ನಾಯುವಿನ ಸಂಕೋಚನೆಯ ಸಂಜ್ಞೆಯನ್ನು ಒಂದು ನರದ ಸ್ಪಂದನವು ಕೊಡುತ್ತದೆ. ಅದರ ಆಗಮನದಿಂದ ಕ್ಯಾಲ್ಸಿಯಂನ ಪರಮಾಣುಗಳು ಬಿಡುಗಡೆಯಾಗುತ್ತವೆ. ಇವು ದಾರದ ಒಂದು ಭಾಗದಿಂದ ಮತ್ತೊಂದು ಭಾಗಕ್ಕೆ ಹೋಗುತ್ತವೆ. ಇದರ ಫಲವಾಗಿ, ಅಣುಗಳು ಒಂವರಕಡೆಗೊಂದು ಹೇಗೆ ತಿರುಗಿಕೊಳ್ಳುವುವೆಂದರೆ, ಶಕ್ತಿಯ ದೃಷ್ಟಿಯಿಂದ ಅಣುಗಳ ಒಂದು ಗುಂಪು ಇನ್ನೊಂದರೊಳಕ್ಕೆ ಜಾರುವುದು ಪ್ರಯೋಜನಕಾರಿಯಾಗುವುದು. ಚಿತ್ರದಲ್ಲಿ ಎರಡು ಮುಖ್ಯಾಂಶ ಸೂಚಕ ನಕ್ಷೆಗಳನ್ನೂ ಒಂದು ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್ ಸೂಕ್ಷ್ಮ ಛಾಯಾಚಿತ್ರವನ್ನೂ (ಚಿತ್ರ 9.7*b*) ತೋರಿಸಿದೆ.

ಸ್ನಾಯುವಿನ ಸಂಕೋಚನೆಯ ಕಾರ್ಯವಿಧಾನದ ಬಗ್ಗೆ ನಡೆಸಿರುವ ಸಂಶೋಧನೆಯ ವಿಚಾರವಾಗಿ ಒಂದು ಅಸ್ಪಷ್ಟ ಭಾವವನ್ನು ಮಾತ್ರ ಈ ಪುಟಗಳಲ್ಲಿ ಕೊಡಲಾಗಿದೆಯೆಂದು ಆತಂಕಪಡಬೇಕು. ಆದರೆ, ವಾಚಕನಲ್ಲಿ ಕುತೂಹಲವುಂಟು ಮಾಡುವುದು ಮಾತ್ರ ನಮ್ಮ ಗುರಿಯಾಗಿದ್ದಿತು. ಅಣುಗಳ ವಿಚಾರವಿರುವ ಈ ಪುಸ್ತಕದ ಕೊನೆಯ ಪುಟಗಳು, **"ಜನಪ್ರಿಯ ಭೌತಶಾಸ್ತ್ರ"**ದ ಮುಂದೆ ಬರುವ ಒಂದು ಪುಸ್ತಕದಲ್ಲಿ ಸೇರಿಸಲಾಗುವ ಜೈವಿಕ ಭೌತವಿಜ್ಞಾನದ ವಿಶದವಾದ ಚರ್ಚೆಯ ಮುನ್ನೋಟವೆಂದು ಭಾವಿಸಿಕೊಳ್ಳಿ.

# ಪಾರಿಭಾಷಿಕ ಪದಸೂಚಿ

ಅತಿತರಲತೆ — Superfluidity

ಅತಿತಪ್ತ — Superheated

ಅತಿಶೀತಿತ — Supercooled

ಅತಿಸಂತೃಪ್ತ — Supersaturated

ಅಂತರ್ದಹನ ಎಂಜಿನ್ — Internal-Combustion Engine

ಅಂತರ್ಭಾವ — Motif

ಅಧಿಶೋಷಣ — Adsorption

ಅನುಪಾತ ಸಂಬಂಧದ ಅಪವರ್ತನ — Proportionality Factor

ಅಪಘಟನ — Decomposition

ಅಮೂರ್ತ — Abstract

ಅವಧಿಕ ಉಷ್ಣಾಂಶ — Critical Temperature

ಅಸ್ಫಟಿಕ — Amorphous

ಆಘಾತ ತರಂಗ — Shock Wave

ಆರ್ದ್ರ — Moist, Humid

ಆರ್ದ್ರತೆ — Humidity

ಆಸವನ (ಬಟ್ಟಿ) — Distillation

ಇಂಗಾಲ ಸಂಯುಕ್ತ ಪದಾರ್ಥ — Organic Substance

ಉದ್ಧರಣ ಚಿಹ್ನೆಗಳು — Quotation Marks

ಉಷ್ಣಗ್ರಹಣ ಶಕ್ತಿ — Heat Capacity

ಉಷ್ಣದ ಯಾಂತ್ರಿಕ ತುಲ್ಯಾಂಕ — Mechanical Equivalent of Heat

ಉತ್ಪ್ರೇರಕ — Catalyst

ಉಪಕ್ರಮಕಾರಕ — Initiator

| | | |
|---|---|---|
| ಉಷ್ಣಬಲಕ್ರಿಯಾಶಾಸ್ತ್ರ | — | Thermodynamics |
| ಊರ್ಧ್ವಪಾತ | — | Sublimation |
| ಏಕಮಾನ ಕೋಶ | — | Unit Cell |
| ಏರುಪೇರು (ಸ್ಥಿತಿಚ್ಯುತಿ)ಗಳು | — | Fluctuations |
| ಕಂಪನ ಸಂಖ್ಯೆ | — | Frequency |
| ಕರಗುವಿಕೆಯ ಸುಪ್ತೋಷ್ಣ | — | Latent Heat of Fusion |
| ಕಿಡಿಬೆಣೆ | — | Spark Plug |
| ಕುದಿಕಾವು | — | Boiling Point |
| ಗ್ರಾಹ್ಯೋಷ್ಣ | — | Specific Heat |
| ಗೋದಣಿಗೆ | — | Rack |
| ಘಟಕ | — | Component |
| ಘಟನಾತ್ಮಕ | — | Phenomenological |
| ಘರ್ಷಣ ಗುಣಾಂಕ | — | Friction Coefficient |
| ಜಡೋಷ್ಣ | — | Entropy |
| ಜನಕ ರೇಖೆ | — | Generator |
| ಜ್ವಲನ ತಾಪ | — | Ignition Point |
| ಜಾಲಕ | — | Lattice |
| ಜಾಲಕ ನಿಯತಾಂಕಗಳು | — | Lattice Constants |
| ಜ್ಯಾತರಂಗ | — | Sine Wave |
| ಜ್ಯಾವಕ್ರೀಯ | — | Sinusoidal |
| ತರಂಗಗಳು | — | Waves |
| ತರಂಗಾಂತರ | — | Wavelength |
| ತಾಕು | — | Block |
| ತಾಪವಾಹಕತ್ವ | — | Thermal Conductivity |
| ತಾಪೀಯ ಪರಿಣಾಮ | — | Thermal Effect |

ತಾಪೀಯ ಪ್ರಸಾರ — Thermal Expansion
ತಿರುಗು ಚಾಲಕ — Propeller
ತಿರುಪು ಚಾಲಕ — Screw Propeller
ದ್ರವ್ಯ — Matter
ದ್ಯುತಿ ರಸಾಯನಿಕ — Photochemical
ದ್ಯುತಿ ಸಂಯೋಜನೆ — Photosynthesis
ದೈತ್ಯ — Giant
ಧ್ವನಿ ಕಂಪನಗಳು — Sound Vibrations
ಧ್ವನಿಯ ತರಂಗದ ತೀವ್ರತೆ — Intensity of the Sound Wave
ಧ್ವನಿವಿಜ್ಞಾನ — Acoustics
ಧ್ವನ್ಯಾತೀತ — Ultrasonic
ಧಾತು — Element
ಧ್ವಾನಿಕ ಗಭೀರತಾ ಮಾಪಕ — Sonic Depth Finder
ನಮ್ಯತೆ — Plasticity
ನಮ್ಯತ್ವ — Flexibility
ನಾಲ್ಕು ಮಡಿ ಸಮರೂಪತೆಯ ಅಕ್ಷ — Axis of four–fold Symmetry
ನಿಯಮಿತ ಪರಿಮಾಣಗಳು — Dosage
ನಿರ್ವಾತ — Vacuum
ನಿಷ್ಕಾಸ — Exhaust
ಪರಾಭವ ಪ್ರತಿಬಲ — Yield Stress
ಪರಾಸರಣ — Osmosis
ಪರಾಸರಣೀ — Osmotic
ಪರಿವರ್ತನೆಯ ಉಷ್ಣ — Heat of Transformation
ಪರೀಕ್ಷಾ ನಾಳಿಕೆ — Test Tube
ಫಲಕ — Vane

ಪ್ರಕ್ಷುಬ್ಧ — Turbulent
ಪ್ರಭಾಜಕ — Fractionating
ಪ್ರವಾಹ ರೇಖಿತ — Streamlined
ಪ್ರಶೀತಕ ಯಂತ್ರ — Refrigerator
ಪ್ರಸಾರಣಾನುಸಾರಿಪಲ್ಲಟ ತರಂಗ — Longitudinal Wave
ಬಂಧನಗಳು — Bonds
ಬಂಧನ ಶಕ್ತಿ — Binding Energy
ಬಹುಸ್ಫಟಿಕೀಯ — Polycrystalline
ಬಾಷ್ಪ — Vapour
ಬಾಷ್ಪ ಒತ್ತಡ — Vapour Pressure
ಬಾಷ್ಪೀಕರಣದ ಸುಪ್ತೋಷ್ಣ — Latent Heat of Vaporisation
ಭ್ರಮಣ ಸಮರೂಪತೆ — Rotational Symmetry
ಮೃದುಚಾಲಕ — Lubricant
ಮೇಲ್ಮೈತುಯ್ತ — Surface Tension
ಯಂತ್ರಕಲಾಶಾಸ್ತ್ರ — Technology
ರಚನಾ ಪ್ರಸ್ತರಗಳು — Building Blocks
ಲೀನತೆ — Solubility
ಲೋಮನಾಳಕರ್ಷಕ — Capillary
ವಲಯ ಶುದ್ಧೀಕರಣ — Zone Refining (Purification)
ವರ್ತುಲ ಸ್ತಂಭ — Cylinder
ವಿದ್ಯುಚ್ಛಾಪ — Electric Arc
ವಿಲೀಯನ — Absorption
ವಿಷಮದೈಶಿಕತೆ — Anisotropy
ವ್ಯುತ್ಕ್ರಮ (ವಿಪರ್ಯಯ) — Reciprocal
ಶಕ್ತಿಯ ಪ್ರವಾಹದರ — Energy Flux

ಶ್ರವ್ಯ — Audible
ಶಾಖ ಪ್ರಸಾರಕ — Radiator
ಶ್ಯಾನ — Viscous
ಶ್ಯಾನತ್ವ — Viscosity
ಸಕ್ರಿಯಣ ಶಕ್ತಿ — Activation Energy
ಸಮದೈಶಿಕ — Isotropic
ಸಮಸ್ಥಾನಿ — Isotope
ಸಂಭವನೀಯತೆ — Probability
ಸರಾಸರಿ ಸ್ವತಂತ್ರ ಚಲನೆಯುಪಥ — Mean Freepath
ಸಂಸಕ್ತಿ — Cohesion
ಸಂವಹನ (ಪ್ರಚಲನ) — Convection
ಸ್ಫಟಿಕ ರಚನಾಶಾಸ್ತ್ರ — Crystallography
ಸಾಂಖ್ಯಿಕ — Statistical
ಸಾಂಗತಿಕ — Harmonic
ಸಾರೀಕರಣ — Concentration
ಸಾಲು ಮತ್ತು ಓರಣ — Row and Rank
ಸ್ಥಾನಭ್ರಂಶ — Dislocation
ಸೂಸುಬಾಯಿ — Nozzle
ಸೋಪಾನಪಾತ ವಿಧಾನ — Cascade Method
ಹರಳು — Crystal
ಹಿಮಾಂಕ — Freezing Point
ಕ್ಷ–ಕಿರಣ ರಚನಾ ವಿಶ್ಲೇಷಣ — X-ray Structure Analysis

ಓದುಗನಿಗೆ.

ಈ ಪುಸ್ತಕದ ವಿಷಯ. ಅನುವಾದ ಮತ್ತು ವಿನ್ಯಾಸವ ಬಗೆಗಿನ ನಿಮ್ಮ ವ್ಯಾಖ್ಯೆಗೆ ಮಿರ್ ಪ್ರಕಟಣ ಕಾರರು ಆಭಾರಿಯಾಗಿರುತ್ತಾರೆ.

ನಮ್ಮ ಪ್ರಕಟಣೆಗಳ ಬಗೆಗೆ ನೀವು ಕೊಡುವ ಯಾವುದೇ ಸಲಹೆಗಳನ್ನು ಸ್ವೀಕರಿಸಲು ನಾವು ಸಂತೋಷ ಪಡುತ್ತೇವೆ.

ನಮ್ಮ ವಿಳಾಸ ಹೀಗಿದೆ:

USSR, 129820, Moscow I-110, GSP
Pervy Rizhsky Pereulok, 2
Mir Publishers

# ಜನಪ್ರಿಯ ಭೌತಶಾಸ್ತ್ರ ಪುಸ್ತಕ 2

ಮಿರ್ ಮಾಸ್ಕೋ
ಪ್ರಕಾಶನ
ಬೆಂಗಳೂರು
ನವಕರ್ನಾಟಕ ಪಬ್ಲಿಕೇಷನ್ಸ್ ಪ್ರೈವೇಟ್ ಲಿಮಿಟೆಡ್